

МАШИНОСТРОЕНИЕ
ЭНЦИКЛОПЕДИЯ
MECHANICAL ENGINEERING
Encyclopaedia

Главный редактор академик РАН
К.В. Фролов



МАШИНОСТРОЕНИЕ

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ В Сорока томах

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ФРОЛОВ К.В.

Председатель редакционного совета

Члены совета:

Белянин П.Н. (зам. Председателя редсовета и главного редактора), Колесников К.С. (зам. Председателя редсовета и главного редактора), Адамов Е.О., Анфимов Н.А., Асташов В.К., Бессонов А.П., Бюшгенс Г.С., Васильев В.В., Васильев Ю.С., Воронин Г.П., Долбенко Е.Т., Жесткова И.Н., Кирпичников М.П., Клюев В.В., Коптев Ю.Н., Ксенович И.П., Мартынов И.А., Митенков Ф.М., Новожилов Г.В., Панин В.Е., Паничев Н.А., Патон Б.Е., Пашин В.М., Платонов В.Ф., Пугин Н.А., Румянцева О.Н., Силаев И.С., Федосов Е.А., Фортков В.Е., Черный Г.Г., Шемякин Е.И.

Раздел III

ТЕХНОЛОГИЯ
ПРОИЗВОДСТВА МАШИН

Том III-1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Редактор-составитель д-р техн. наук

А.В. Мухин

Ответственный редактор тома чл.-корр. РАН

П.Н. Белянин

Редакторы тома: **В.М. Ярцанкин** (Технологическое проектирование предприятий),
Р.З. Диланян (Технологическая подготовка производства (ТПП)), **А.А. Колобов**
(Стратегическое и оперативное управление промышленным предприятием),
В.В. Емельянов (Имитационное моделирование производственных систем),
В.В. Пименов (Эффективность производственных систем)

УДК 621.01/03

ББК 34.44

М38

Авторы: А.В. Мухин, Л.Г. Алексеев, Г.И. Балаев, А. Гонсалес-Сабатер, О.М. Деев, Р.З. Диланян, В.В. Емельянов, А.В. Захаров, В.А. Калинин, В.Л. Киселев, А.А. Колобов, А.И. Кондаков, И.Н. Омелеченко, В.П. Перцев, В.В. Пименов, А.Н. Савельев, Н.А. Соколов, О.В. Спиридонов, В.М. Ярцанкин, С.И. Ясиновский.

Рабочая группа Редакционного Совета: К.С. Колесников, П.Н. Белянин, В.В. Васильев, В.К. Асташов, А.П. Бессонов, Н.Н. Боброва, Е.Т. Долбенко, И.Н. Жесткова, Г.В. Москвитин.

Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение.

М38 Технологическая подготовка производства. Проектирование и обеспечение деятельности предприятия. Т. III-1 / А.В. Мухин и др.; Под общ. ред. А.В. Мухина. 2005. 576 с.: ил.

Описаны все этапы жизненного цикла промышленного предприятия: технологическое проектирование предприятия, технологическая подготовка производства и управление действующим предприятием

Определена последовательность мероприятий по технологическому проектированию предприятия и его структуры. Приведены как основные проектные решения, примеры производственной структуры и планировки цехов и участков, так и особенности технологического проектирования отдельных производств. По каждому из производств даны сведения об организации и составе производства, а также – о технологических процессах и основном технологическому оборудованию.

В рамках технологической подготовки производства описаны ее цели и задачи, общая структура системы, ее функции и элементы единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). Изложены принципы, методы и модели стратегического и оперативного управления действующим промышленным предприятием.

Даны основные понятия, подходы и методы имитационного моделирования производственных систем. Описан язык интеллектуального имитационного моделирования. Изложены принципы и методы эффективного управления промышленным предприятием как производственной системой.

УДК 621.01/03

ББК 34.44

ISBN 5-217-03287-1 (Т. III-1)

ISBN 5-217-01949-2

© Издательство "Машиностроение", 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ	9		
Раздел 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ (<i>В.М. Ярцанкин</i>)	10		
Введение	10		
Глава 1.1. Терминология предпроектной и проектной подготовки строительства (<i>Л.Г. Алексеев</i>) ...	13	Раздел 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА (ТПП) (<i>Р.З. Диланян</i>)	119
Глава 1.2. Предпроектный период (<i>А.Н. Савельев</i>)	18	Глава 2.1. Организация ТПП (<i>Р.З. Диланян</i>)	119
Глава 1.3. Проектная документация (<i>А.В. Захаров</i>)	22	2.1.1. Цели и задачи ТПП	119
Глава 1.4. Договорные отношения и финансирование проектно-исследовательских работ (<i>А.В. Захаров</i>)	25	2.1.2. Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП)	119
Глава 1.5. Основные проектные решения объектов машиностроительных предприятий (<i>А.В. Захаров</i>)	28	2.1.3. Общая структура системы ТПП (<i>А.И. Кондаков</i>)	127
1.5.1. Заготовительное производство	29	2.1.4. Анализ уровня системы ТПП на предприятии	134
1.5.2. Механообрабатывающее производство	30	Список литературы	140
1.5.3. Сборочно-сварочное производство	40	Глава 2.2. Обеспечение технологичности конструкции изделия (<i>В.А. Калинин</i>)	140
1.5.4. Сборочное производство	45	2.2.1. Технологический контроль конструкторской документации	142
1.5.5. Кузнечно-прессовое производство	51	2.2.2. ТКИ как характеристика качества продукции	145
1.5.6. Пружинное производство	63	2.2.3. Автоматизация процессов отработки и обеспечения ТКИ (<i>Г.И. Балаев</i>)	160
1.5.7. Литейное производство ..	65	2.2.4. Перспективы развития АСУ ОТКИ	176
1.5.8. Термическое производство	82	Список литературы	179
1.5.9. Окрасочное производство	86	Глава 2.3. Разработка и применение технологических процессов (<i>В.Л. Киселев</i>)	180
1.5.10. Производство металлопокрытий	89	2.3.1. Виды технологических процессов	180
		1.5.11. Объекты вспомогательного назначения	91
		1.5.12. Складское хозяйство	103
		1.5.13. Транспорт	111

	2.3.2. Применение видов технологических процессов	181		Список литературы	365
	2.3.3. Разработка единичных технологических процессов (В.Л. Киселев, О.М. Деев)	181	Глава	3.2. Оперативное планирование и управление	366
	2.3.4. Типизация технологических процессов и групповая обработка	208		3.2.1. Функции и задачи оперативного планирования и управления (А.А. Колобов)	366
Глава	2.4. Системы автоматизированного проектирования в ТПП (А. Гонсалес-Сабатер)	213		3.2.2. Базовые системы ОПУ и их характеристики (И.Н. Омельченко)	368
	2.4.1. АС проектирования в ТПП – элемент комплексной системы автоматизации инженерной деятельности в КИП	213		3.2.3. Календарно-плановые нормативы и методы их расчета в базовых системах ОПУ (А.А. Колобов)	371
	2.4.2. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов	223		3.2.4. Концепции и методология ОПУ (И.Н. Омельченко)	374
	Список литературы	242		3.2.5. Диспетчирование производства (В.П. Перцев)	378
Раздел	3. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ (А.А. Колобов)	243	Раздел	4. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ (В.В. Емельянов)	380
Глава	3.1. Стратегическое управление	243	Глава	4.1. Цели анализа и синтеза производственных систем (В.В. Емельянов)	380
	3.1.1. Концепция и принципы стратегического управления (А.А. Колобов)	243	Глава	4.2. Функционально-структурное описание производственной системы (В.В. Емельянов) ..	382
	Список литературы	270		4.2.1. Построение модели IDEF0	383
	3.1.2. Организационно-экономические методы и модели управления инновационной деятельностью промышленного предприятия (И.Н. Омельченко)	272		4.2.2. IDEF3 – метод описания потоков работ и состояния процессов	386
	Список литературы	297	Глава	4.3. Понятие имитационного моделирования (В.В. Емельянов)	389
	3.1.3. Организационные формы и методы интеграции промышленных предприятий при создании совместных проектов (И.Н. Омельченко)	297	Глава	4.4. Структура имитационной модели (В.В. Емельянов)	391
	Список литературы	334	Глава	4.5. Организация процесса имитационного моделирования (В.В. Емельянов)	395
	3.1.4. Организационно-экономические методы разработки проектов реструктуризации промышленных предприятий (А.А. Колобов)	335	Глава	4.6. Традиционные подходы к разработке имитационных моделей (В.В. Емельянов)	395

	4.6.1. Событийный подход	396		4.11.5. Синтаксис последовательности	431
	4.6.2. Подход сканирования активностей (моделирования действий)	397		4.11.6. Типы ресурсов	432
	4.6.3. Процессно-ориентированный подход	398		4.11.7. Описание ресурсов	433
Глава	4.7. Инструментальные средства моделирования (В.В. Емельянов)	399		4.11.8. Описание символьных констант, функций и последовательностей	434
Глава	4.8. Методы искусственного интеллекта в имитации (В.В. Емельянов)	400		4.11.9. Описание образцов	439
	4.8.1. Формы представления знаний	400		4.11.10. Описание операций	443
	4.8.2. Модели, основанные на продукционных правилах	402		4.11.11. Объект описания показателей	446
	4.8.3. Представление знаний фреймами и вывод в системе фреймов	406		4.11.12. Описание кадров	447
	4.8.4. Модифицированные продукционные правила	407		4.11.13. Объект результатов	452
Глава	4.9. Основные положения метода "Ресурсы-Действия-Операции" (С.И. Ясиновский) ..	409	Глава	4.12. Поиск оптимальных решений при имитации (С.И. Ясиновский)	457
	4.9.1. Описание ресурсов производственной системы	410		4.12.1. Логический вывод в гибридных системах	457
	4.9.2. Идентификация событий	415		4.12.2. Поиск на графе	458
	4.9.3. Действия и их формализация	418		4.12.3. Описание точек принятия решений в РДО	459
Глава	4.10. Продукционный имитатор на основе РДО-метода (С.И. Ясиновский)	423	Глава	4.13. Основы планирования эксперимента (С.И. Ясиновский)	464
Глава	4.11. Язык интеллектуального имитационного моделирования РДО (С.И. Ясиновский)	425		4.13.1. Основные понятия	465
	4.11.1. Алфавит, лексемы и разделители	425		4.13.2. Планы для моделей, описываемых полиномами первого ряда	467
	4.11.2. Типы данных. Соответствие типов	427		4.13.3. Планы для моделей, содержащих линейные члены и взаимодействия различного порядка	470
	4.11.3. Арифметические и логические выражения	428		4.13.4. Порядок смешивания оценок коэффициентов	470
	4.11.4. Глобальные переменные и стандартные функции	429		4.13.5. Планы для квадратичных моделей	473
			Глава	4.14. Примеры задач, решаемых имитационным моделированием (С.И. Ясиновский)	474
				4.14.1. Задача о пропускной способности модуля, описанного сетью Петри	474

4.14.2. Моделирование стратегий управления запасами	477		Список литературы	519
4.14.3. Оперативное планирование работы участка	480	Глава	5.2. Информационное обеспечение производственной системы (В.В. Пименов)	519
4.14.4. Имитационное моделирование в реинжиниринге бизнес-процессов	484	Глава	5.3. Показатели эффективности производственной системы (Н.А. Соколов)	534
4.14.5. Проектирование алгоритмов систем управления	485		Список литературы	542
4.14.6. Гибридная система для планирования производства	493	Глава	5.4. Повышение эффективности производственных систем (О.В. Спиридонов, А.В. Мухин) ...	542
Список литературы	501		5.4.1. Формы специализации производственных систем	542
Раздел 5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ (В.В. Пименов)	502		5.4.2. Выбор вида специализации	552
Глава 5.1. Предприятие как производственная система (В.В. Пименов)	502		5.4.3. Выбор направления технологической специализации ...	556
5.1.1. Управление производственной системой	504		5.4.4. Распределение трудоемкости по предприятиям на основе модели технологической специализации	557
5.1.2. Принципы и методы управления производственной системой	512		5.4.5. Формирование производственной структуры	565
5.1.3. Организационная структура производственной системы	516	ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ		567

СОКРАЩЕНИЯ

Принятые сокращения:

АСОТ – автоматизированная система оценки технологичности;

АСУ ОТКИ – автоматизированная система управления процессом отработки конструкции изделия на технологичность;

БД – банк данных;

ВАП – виртуальная администрация проекта;

ВП – виртуальное предприятие;

ДЖЦ – длительность жизненного цикла;

ИИС – интегрированная информационная система;

ИС – инновационная стратегия;

КД – конструкторская документация;

КИМ – коэффициент использования материала;

КТР – конструкторско-технологическое решение;

КТХ – конструктивно-технологическая характеристика изделия;

ЛА – летательный аппарат;

ЛПР – лицо, принимающее решение;

МВА – многовариантный анализ;

МКО – многокритериальная оптимизация;

ММ – математическая модель;

НИР – научно-исследовательская работа;

НОТ – научная организация труда;

ОКР – опытно-конструкторские работы;

ОТКИ – отработка конструкции изделия на технологичность;

ОЭС – организационно-экономическая система;

ОЭУ – организационно-экономическая устойчивость;

ППП – пакет прикладных программ;

ПС – производственная система;

ПСС – промышленно-сбытовая система;

ПТК – показатели технологичности конструкции;

РДТТ – ракетный двигатель твердого топлива;

САПР – система автоматического проектирования;

СТО – средства технологического оснащения;

СУБД – система управления базой или банком данных;

ТКИ – технологичность конструкции изделия;

ТП – технологический процесс;

ТПП – технологическая подготовка производства;

ФСА – функционально-стоимостной анализ;

ЧПУ – числовое программное управление;

ЭВМ – электронная вычислительная машина;

ЭФМ – элементарная функциональная модель;

SWOT – Strength – сила;

Weakness – слабость;

Opportunity – возможность;

Threat – угрозы.

Раздел 1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

ВВЕДЕНИЕ

В инвестиционном процессе проектная подготовка организации производственной деятельности предприятия, как правило, состоит из трех основных этапов (рис. 1).

Первый этап – определение цели инвестирования, назначения и мощности объекта производства, номенклатуры продукции, места (района) размещения объекта с учетом требований и условий заказчика (инвестора). На основе необходимых материалов и проработок об источниках финансирования, условиях и средствах реализации поставленной цели с использованием максимально возможной информационной базы данных заказчиком (инвестором) проводится оценка возможностей инвестирования и достижения намечаемых технико-экономических показателей.

С учетом принятых на данном этапе решений заказчик подготавливает ходатайство (декларацию) о намерениях по организации производства. При положительном решении местного органа исполнительной власти заказчик приступает к разработке обоснований инвестиций.

Второй этап – разработка обоснований инвестиций на основании условий и требований государственных органов и заинтересованных организаций, в объеме, достаточном для принятия заказчиком (инвестором) решения о целесообразности дальнейшего инвестирования, получения от соответствующего органа исполнительной власти предварительного согласования места размещения объекта (акта выбора участка) и о разработке проектной документации.

Третий этап – разработка, согласование, экспертиза и утверждение проектной документации, а также получение на ее основе, при необходимости, решения об изъятии земельного участка под строительство.

Проектирование объектов строительства является частью процесса инвестиционной деятельности, осуществляемой в форме капитальных вложений в целях получения прибыли или достижения иного полезного эффекта. Понятие "капитальные вложения" – это инвестиции в основной капитал (основные средства), на новое строительство, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий и объектов, приобретение машин, оборудования, инструмента, проектно-изыскательские работы и другие затраты.

Градостроительным кодексом Российской Федерации определено, что строительство, реконструкция, капитальный ремонт зданий, строений и сооружений, их частей осуществляются на основе проектной документации – графических и текстовых материалов, определяющих объемно-планировочные, конструктивные и технические решения для строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов, а также благоустройства их земельных участков.

Проектная документация разрабатывается в соответствии со строительными нормами и правилами. Кодексом также установлено, что утвержденная в установленном порядке проектная документация является основанием для выдачи разрешения на строительство.

Положения законодательных актов регулируют взаимоотношения между заказчиками (инвесторами) и проектными организациями, осуществляющими разработку проектной документации и имеющими право на этот вид деятельности.

Предпроектная документация утверждается заказчиком (инвестором).

Проектная документация утверждается:

- по объектам, строительство которых осуществляется за счет средств федерального бюджета, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти;

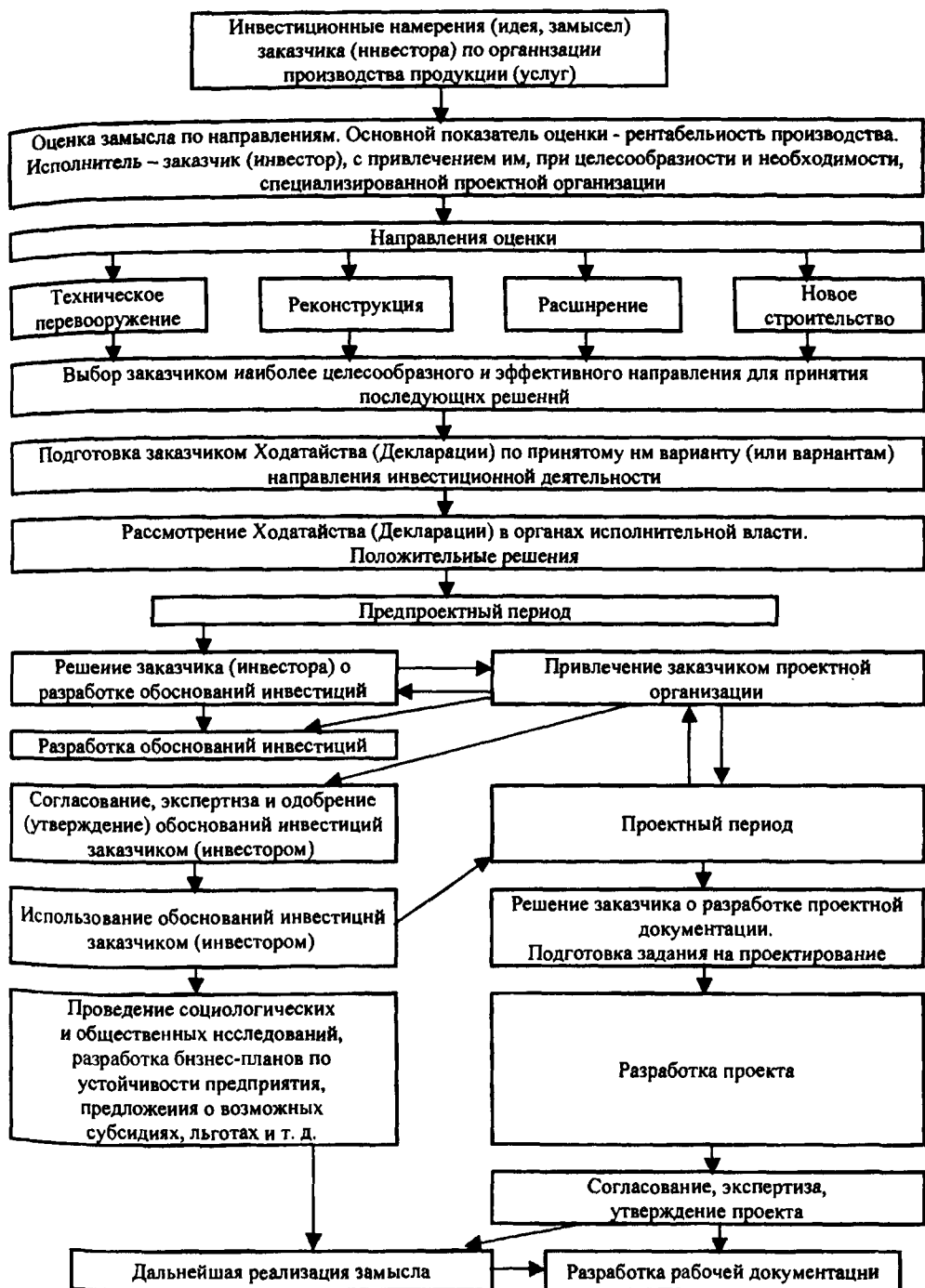


Рис. 1. Общая схема инвестиционного процесса проектирования

– по объектам, строительство которых осуществляется за счет бюджетов субъектов Российской Федерации, – в порядке, устанавливаемом органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации;

– по объектам, строительство которых осуществляется за счет собственных средств заказчика (инвестора), включая привлеченные средства, в том числе средства иностранных инвесторов, – заказчиком (инвестором).

Машиностроение – одна из важнейших отраслей промышленности, является материальной основой для технического оснащения других отраслей, обеспечивая их оборудованием производственного и технологического назначения при реализации государственной промышленной и инновационной политики.

При проектировании машиностроительных предприятий необходимо учитывать прогнозы социально-экономического развития Российской Федерации и ее промышленности, а также конкретные мероприятия федеральных целевых программ.

Современное машиностроение отличается постоянное и весьма интенсивное расширение номенклатуры выпускаемой продукции при одновременном сокращении продолжительности выпуска изделий одной номенклатуры. Объемы выпуска продукции находятся в широком диапазоне – от единичных образцов до массового производства.

В условиях конкуренции прежде всего выигрывают предприятия, имеющие более высокий уровень технологии. Однако практически невозможно собрать в рамках одного предприятия все виды наиболее прогрессивных технологий и непрерывно их совершенствовать, особенно при смене продуктов производства. Происходит постоянный поиск производственных партнеров, обладающих совершенными технологиями, для кооперации в совместном производстве. Эти обстоятельства обуславливают принятие решений по специализации предприятий и производств.

Предметная специализация заключается в профилировании предприятия на выпуск продукции однотипной по конструкции, габариту, весу и технологии производства.

Смысл предметной специализации заключается в централизации производства изделий, связанных технологической общностью.

Детальная специализация заключается в централизации производства однотипных деталей.

Наибольшее развитие детальная специализация получила в отраслях с массовым и крупносерийным производством. Однако, проведение детальной специализации возможно и эффективно и в отраслях с мелкосерийным производством, если ее осуществлять на основе создания конструктивных рядов машин и широкого проведения работ по унификации повторяющихся узлов и деталей.

Технологическая специализация заключается в выделении производств по видам используемых технологических процессов (литья,ковки,штамповки,сборки-сварки или только сборки) или отдельных технологических операций (нанесение гальванических покрытий, окраски изделий и т.п.).

Специализация производства обеспечивает:

- высокую серийность производства;
- повышение технического уровня производства на основе применения прогрессивных методов изготовления продукции и более производительного оборудования;
- более тщательную, целенаправленную отработку конструкции выпускаемых деталей и узлов, с точки зрения их прочности, надежности, долговечности, технологичности, экономичности, применения наиболее целесообразных материалов.

Номенклатура объектов машиностроительной промышленности (по категориям сложности проектирования)

I категория – заводы и объекты основного производственного назначения: по производству электроосветительной аппаратуры, сварных металлоконструкций, электросварочного оборудования и оборудования металлопокрытий, электроугольных изделий, по выпуску несложных (без кинематических схем) товаров народного потребления, другие объекты машиностроения по производству несложной продукции.

II категория – заводы и объекты основного производственного назначения: по производству котельно-вспомогательного оборудования, электротехнического оборудования (подстанций, распределительных и др.), по выпуску мотоциклов и велосипедов, деревообрабатывающего и ручного строительного, а также абразивного и алмазного инструмента, другие объекты машиностроения средней сложности проектирования.

III категория – заводы и объекты основного производственного назначения: подъем-

но-транспортного, металлургического и горно-шахтного машиностроения, строительно-дорожного машиностроения, сельскохозяйственного и лесохозяйственного машиностроения (принципное оборудование) и машиностроения для кормопроизводства, по производству машин и приборов для железнодорожного транспорта, инструментального производства, путевого машиностроения, машиностроения для легкой и пищевой промышленности, а также бытовых приборов, по производству гидроаппаратуры и редукторов, по выпуску механизированного строительного инструмента, по производству нестандартизированного и специального технологического оборудования, электромашиностроения и приборостроения, здания и сооружения деревообрабатывающих цехов всех категорий сложности, вагоно-тепловозо-электровозо- и авторемонтные предприятия, ремонтные предприятия угольной промышленности, ремонтные предприятия сельскохозяйственной техники, другие объекты машиностроения повышенной сложности проектирования.

IV категория – заводы и объекты основного производственного назначения: вагоностроения (грузового и пассажирского), тепловозостроения, энергетического машиностроения, автомобилестроения и тракторного машиностроения, дизелестроения, комбайностроения, подшипниковой промышленности, электровозостроения, станкостроения, химического машиностроения, по производству сложного сантехнического оборудования, все здания цехов литейного, кузнечного и прессового производства, здания окрасочных цехов и цехов металлопокрытий в заводах и комплексах всех категорий сложности, другие объекты машиностроения высокой сложности проектирования.

Глава 1.1

ТЕРМИНОЛОГИЯ ПРЕДПРОЕКТНОЙ И ПРОЕКТНОЙ ПОДГОТОВКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Стройка – совокупность зданий и сооружений различного назначения, строительство, расширение или реконструкция которых осуществляется на объем продукции, определенной в предпроектных проработках (обоснований инвестиций), и (или) сводным сметным расчетом или сводкой затрат проектной документации.

Очередь строительства – часть строительства, состоящая из группы зданий, сооружений и устройств, ввод которых в эксплуатацию обеспечивает выпуск продукции или оказание услуг, предусмотренных проектом. Может состоять из одного или нескольких пусковых комплексов.

Пусковой комплекс – совокупность нескольких объектов (или их частей) основного производственного и вспомогательного назначения, энергетического, транспортного и складского хозяйства, связи, внутриплощадочных инженерных коммуникаций, благоустройств и других объектов, являющихся частью стройки или ее очереди, ввод которых в эксплуатацию обеспечивает выпуск продукции или оказание услуг, предусмотренных проектом, и нормальные условия труда для обслуживающего персонала согласно действующим нормам.

Поточность производства – расположение складов и цехов по ходу производственного процесса: склады исходных материалов (металла, формовочных шихтовых, лесоматериалов и др.) – заготовительные цехи (литейные, кузнечные, кузнечно-прессовые, раскря, резки и правки металла) – обрабатывающие цехи (механические, холодной штамповки, металлических конструкций, термические, деревообрабатывающие) – сборочные цехи (сборочные, сборочно-сварочные).

Зонирование территории предприятия – разделение ее на районы с размещением в них однородных производств, а именно:

- зону общезаводских складов (топлива, горюче-смазочных и строительных материалов, лесоматериалов, химикатов, а также готовой продукции), в которую часто входит и скрапоразделочная база; располагать эту зону рекомендуется в одном-двух рядах по одну или обе стороны железнодорожных путей, по которым осуществляется доставка материалов и отправка готовой продукции и металлолома;

- зону заготовительных цехов, которая, с учетом условий пожарной безопасности и задымления, должна располагаться с подветренной стороны по отношению к другим цехам и устройствам завода, а также к населенным пунктам; рекомендуется возможное удаление этой зоны от общезаводских сооружений и главного входа на завод и отделение ее от других зон полосами зеленых насаждений;

- зону обрабатывающих и сборочных цехов, которая располагается смежно с зоной

заготовительных цехов, откуда в механические и отделочные цехи поступают заготовки и поковки; учитывая, что в обрабатывающих цехах сосредоточена наибольшая численность рабочих завода, зону необходимо располагать ближе к главному входу на завод; в этой же зоне следует размещать обычно и блок вспомогательных цехов в составе инструментального, ремонтно-механического, что позволяет обеспечить наилучшие условия для обслуживания ими как заготовительных, так и обрабатывающих цехов;

- зону деревообрабатывающих цехов, располагаемую в отдалении от заготовительных цехов вблизи от ввода железнодорожных путей и складов лесо- и пиломатериалов;

- зону объектов энергетики.

Блокирование зданий и сооружений — объединение нескольких цехов, связанных общим технологическим процессом производства в одном промышленном здании. В результате блокировки обеспечивается минимальным межкорпусных перемещений и связанных с ними перегрузок материалов и изделий, сокращается длина всех заводских коммуникаций, создаются условия для организации точных методов работы, улучшается управление производством и бытовое обслуживание рабочих.

В настоящее время широкое распространение получила блокировка цехов в группы: литейную, кузнечную, механо-сборочную, деревообрабатывающую и общезаводскую, каждая из которых (за исключением последней) наряду с производственными цехами включает склады исходных материалов и готовой продукции. Например, литейная группа, помимо цехов чугунолитейного, фасонно-сталелитейного и цветного литья, включает склады шихтовых, формовочных материалов, склад отливок; кузнечная группа, помимо кузнечно-штамповочных и кузнечно-прессовых цехов, включает склад металла и заготовительное отделение, термический, инструментально-штамповый и другие цехи. Механосборочная группа состоит из механического цеха, термического, сборочного, металлопокрытий, окрасочного, инструментального, ремонтно-механического и испытательной станции. Аналогичную структуру имеют группы холодной штамповки (прессовая) и деревообрабатывающая, а общезаводская группа объединяет заводоуправление, центральную лабораторию и др. Возможна также блокировка цехов раз-

нородных групп, за исключением цехов горячей обработки металлов, с цехами, применяющими легковоспламеняющиеся материалы, а также кузнечных цехов, в которых установлены крупные молоты, с механическими цехами.

Машиностроительные заводы, имеющие четкое зонирование территории и высокую степень блокирования, размещаются компактно, причем плотность застройки достигает 55...65 %.

Трудоемкость характеризует затраты труда и измеряется в человеко-часах на единицу продукции.

Как правило, в проектах определяется технологическая трудоемкость по затратам труда только основных производственных рабочих. Реже определяется производственная трудоемкость по затратам труда всех рабочих (основных и вспомогательных).

Более полно характеризует сумму всех трудовых затрат удельный показатель выпуска продукции на одного работающего (в стоимостном или натуральном выражении).

Станкочасовое измеряется в станко-часах и характеризует затраты времени по всем машинным (станочным) операциям, предусмотренным технологическим процессом изготовления продукции.

При определении этих показателей учитывается коэффициент многостаночного обслуживания — количество станков, обслуживаемых одним рабочим.

Архитектурно-градостроительное решение (архитектурный проект) — архитектурная часть проектной документации, содержащая архитектурные решения, которые комплексно учитывают градостроительные, конструктивные, социальные, экономические, функциональные, санитарно-гигиенические, экологические, инженерно-технические требования к объекту.

Благоустройство территории — комплекс проводимых на территории мероприятий, направленных на повышение эксплуатационных и эстетических характеристик территорий и предусматривающих один из следующих видов работ (или их комплекс): архитектурно-планировочную организацию территории; озеленение; устройство архитектурного освещения, поливочного водопровода; размещение малых архитектурных форм, объектов городского дизайна, рекламы, визуальной коммуникации и информации, произведений монументально-декоративного искусства.

Градостроительная деятельность – деятельность государственных органов, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц в области градостроительного планирования развития территорий, определения видов использования земельных участков, проектирования, строительства и реконструкции объектов недвижимости с учетом интересов граждан, общественных и государственных интересов, а также национальных, историко-культурных, экологических, природных особенностей территорий.

Градостроительная документация – документация, определяющая градостроительное развитие территории, регламенты градостроительной деятельности, социально-экономическое и градостроительное обоснование размещения объектов, их основные технико-экономические показатели и функциональное назначение (генплан города, градостроительный план развития административного округа и района, схема размещения отраслевого строительства, проект планировки территории, градостроительное обоснование размещения объекта).

Заказчик (застройщик) – юридическое или физическое лицо, имеющее намерение осуществить строительство, реконструкцию или иной вид строительных работ, для проведения которого требуется разрешение на строительство.

Земельный участок – часть территории, имеющая границы, местоположение, правовой статус и другие характеристики, отражаемые в Государственном земельном кадастре.

Использование территории (приспособление для ведения хозяйственной деятельности) – комплекс мероприятий на территории, позволяющих использовать ее в соответствии с разрешенной функцией, без права строительства.

Исходные материалы – комплект документов и информационных материалов, определяющих совокупность специальных требований, рекомендаций, условий, разрешений, правовых обоснований для осуществления этапа инвестиционно-строительной деятельности.

Исходно-разрешительная документация – комплект документов, оформляющий результат предпроектной подготовки и являющийся основанием для оформления разрешения на осуществление градостроительной деятельности.

Капитальное строительство – строительство любых объектов (независимо от объема и назначения), для возведения которых

требуется проведение земляных и строительно-монтажных работ по устройству заглубленных фундаментов, возведению несущих и ограждающих конструкций, подводке инженерных коммуникаций.

Капитальный ремонт – проведение комплекса строительных работ и организационно-технических мероприятий по устранению физического и морального износа, не связанных с изменением основных технико-экономических показателей здания и функционального назначения, предусматривающих восстановление его ресурса с частичной заменой при необходимости конструктивных элементов и систем инженерного оборудования, а также улучшения эксплуатационных показателей.

Некапитальное строительство – строительство объектов из легких сборных конструкций, не предусматривающих устройство заглубленных фундаментов и подземных помещений.

Переоборудование помещений – проведение строительных работ в отдельных помещениях здания при изменении его функционального назначения без нарушения несущей способности капитальных конструкций, предусматривающих один из следующих видов работ (или их комплекс):

- замену (частичную или полную) несущих перегородок;
- пробитие проемов;
- замену технологического, инженерного и сантехнического оборудования помещения (не влекущую переоборудование по всему зданию).

Перепланировка помещения – проведение строительных работ в отдельных помещениях здания при сохранении функционального назначения объекта перепланировки, предусматривающих один из следующих видов работ (или их комплекс):

- замену (частичную или полную) несущих перегородок;
- пробитие проемов в несущих перегородках;
- замену инженерного и сантехнического оборудования помещения (не влекущую переоборудование по всему зданию).

Предпроектная подготовка строительства – комплекс работ, проводимых в целях обоснования к градостроительной деятельности на территории и получения права на ее проведение.

Проект застройки – градостроительная документация, определяющая архитектурно-пространственное решение застройки, использование земельных участков, параметры объектов транспортной и инженерной инфраструктуры, решения по благоустройству и озеленению территории, линии регулирования застройки.

Проектная документация – документация, содержащая технологические решения, учитывающие социальные, экономические, функциональные, инженерные, технологические, противопожарные, санитарно-гигиенические, экологические, архитектурно-художественные и иные требования к объекту в объеме, необходимом для разработки рабочей документации, а также включающая сметную стоимость строительства.

Рабочая документация – документация, разработанная на основании утвержденной проектной документации и предназначенная для проведения строительных работ.

Проектная подготовка строительства – комплекс работ, проводимых в целях оформления Разрешения и Ордера на производство строительных работ, включающих разработку, согласование и утверждение проектной документации, разработку рабочей документации.

Разрешение на осуществление градостроительной деятельности – правовой акт городской администрации о разрешенном использовании градостроительного объекта, являющийся составной частью разрешения на строительство и устанавливающий право застройщика на проведение комплекса работ по осуществлению инвестиционно-строительной деятельности по объекту недвижимости в соответствии с установленными к нему градостроительными требованиями и регламентами.

Разрешение на строительство – комплект документов, удостоверяющий право собственника, владельца, арендатора или пользователя объекта недвижимости осуществить застройку земельного участка, строительство, реконструкцию, реставрацию, капитальный ремонт здания; ремонт, покраску фасадов; установку нестационарных объектов; перепланировку, переоборудование помещений; реконструктивные работы по объекту, строительные работы по использованию, благоустройству территории.

Разрешение (ордер) на производство работ – документ, являющийся составной частью разрешения на строительство и выда-

ваемый специально уполномоченными органами контроля и надзора, дающий разрешение на производство отдельных видов строительных работ в соответствии с разрешением на осуществление градостроительной деятельности, согласованной и утвержденной в установленном порядке проектной документацией.

Рекультивация территории – комплекс мероприятий, предусматривающих улучшение, восстановление свойств грунта на территории в целях исключения его физического и химического негативного воздействия на окружающую среду, удаления посторонних примесей, восстановления плодородного слоя.

Перечень линий градостроительного регулирования.

Красные линии – границы территории улично-дорожной сети, выделенной из остальной части территории города. За пределы красных линий в сторону улицы или площади не должны выступать здания и сооружения.

В пределах красных линий допускается размещение конструктивных элементов дорожно-транспортных сооружений (опор путепроводов, лестничных и пандусных сходов подземных пешеходных переходов, павильонов на остановочных пунктах городского общественного транспорта).

В исключительных случаях с учетом действующих особенностей участка (поперечных профилей и режимов градостроительной деятельности) в пределах красных линий допускается размещение:

- объектов транспортной инфраструктуры (площадки отстоя и кольцевания общественного транспорта, разворотные площадки, площадки для размещения диспетчерских пунктов);

- отдельных нестационарных объектов автосервиса для попутного обслуживания (АЗС, минимойки, посты проверки СО);

- отдельных нестационарных объектов для попутного обслуживания пешеходов (мелкорозничная торговля и бытовое обслуживание).

Линии застройки – линии, устанавливаемые для зданий, строений, наземных сооружений, размещаемых с отступом от красных линий, величина которого определяется градостроительными нормативами.

Синие линии – границы акваторий рек, а также существующих и проектируемых открытых водоемов, устанавливаемые по нормальному подпорному горизонту.

Границы полосы отвода железных дорог – границы территории, предназначенной для размещения существующих и проектируемых железнодорожных путей, станций и других железнодорожных сооружений, ширина которых нормируется в зависимости от категории железных дорог, конструкции земляного полотна, и на которой не допускается строительство зданий и сооружений, не имеющих отношения к эксплуатации железнодорожного транспорта.

Границы технических зон строящихся и проектируемых линий метрополитена – границы территорий, резервируемых для строительства линий метрополитена мелкого заложения и сопутствующих им сооружений временного и постоянного характера, на которых запрещается строительство капитальных сооружений.

Границы технических зон действующих линий и сооружений метрополитена – границы территорий, на которых размещены эксплуатируемые линии метрополитена мелкого заложения и сопутствующие им сооружения, на которых допускается хозяйственная деятельность только по согласованию с организацией, эксплуатирующей метрополитен.

Границы технических (охранных) зон действующих и проектируемых инженерных сооружений и коммуникаций – границы территорий, предназначенных и используемых для строительства и эксплуатации наземных и подземных транспортных и инженерных сооружений и коммуникаций.

Границы территорий памятников истории и культуры – границы состоящих на государственной охране памятников градостроительства и архитектуры, памятников истории, археологии, садово-паркового и монументального искусства.

Границы охранных зон памятников истории и культуры – границы территорий, на которых размещены состоящие на государственной охране памятники истории, культуры и установлен специальный режим их охраны в зависимости от сохранности и ценности памятников и на которых не допускается новое строительство, не связанное с их восстановлением и современным использованием.

Границы историко-культурных заповедных территорий – границы территорий, включающих в себя ансамбли и комплексы памятников истории и культуры, представляющие историческую, научную, художественную и

иную культурную ценность, охрана которых осуществляется на основании особого о каждом из них положения.

Границы зон регулирования застройки памятников истории и культуры – границы территорий, размещаемых в зоне архитектурного влияния памятников истории и культуры и сохранивших ценную историческую планировку и застройку, на которых ограничивается этажность, плотность жилой застройки и не допускается размещение промышленных, транспортных и других объектов.

Границы зон охраняемого ландшафта – границы территорий с сохранившимися компонентами исторически ценной природной среды (рельеф, водная система, лес), на которых установлен режим ограничения хозяйственной деятельности и не допускается строительство капитальных зданий и сооружений.

Границы охранных зон особо охраняемых природных территорий – границы зон с ограниченным режимом природопользования, устанавливаемые в особо охраняемых природных территориях, участках земли и водного пространства.

Границы территорий природного комплекса, не являющихся особо охраняемыми – границы территорий городских лесов и лесопарков, долин малых рек, парков, садов, скверов, бульваров, озелененных и лесных территорий, объектов спортивного, медицинского, специализированного и иного назначения, а также резервных территорий, предназначенных для воссоздания утраченных или формирования новых территорий природного комплекса.

Границы озелененных территорий, не входящих в природный комплекс – границы участков внутриквартального озеленения общего пользования и трассы внутриквартальных транспортных коммуникаций.

Границы водоохраных зон – границы территорий, прилегающих к акваториям рек, озер, водохранилищ и других поверхностных водных объектов, на которых устанавливается специальный режим хозяйственной и иных видов деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления и истощения водных объектов, а также сохранения среды обитания объектов животного и растительного мира.

Границы прибрежных зон (полос) – границы территорий внутри водоохраных зон, на которых в соответствии с Водным кодексом Российской Федерации вводятся дополнитель-

ные ограничения природопользования. В границах прибрежных зон допускается размещение объектов водоснабжения, рекреации, рыбного и охотничьего хозяйства, водозаборных, портовых и гидротехнических сооружений при наличии лицензии на водопользование.

Границы зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения – границы зон I и II пояса, а также жесткой зоны II пояса:

- границы зоны I пояса санитарной охраны – границы огражденной территории водозаборных сооружений и площадок, головных водопроводных сооружений, на которых установлен строгий охранный режим и не допускается размещение зданий, сооружений и коммуникаций, не связанных с эксплуатацией водисточника. В границах I пояса санитарной охраны запрещается постоянное и временное проживание людей, не связанных непосредственно с работой на водопроводных сооружениях;

- границы зоны II пояса санитарной охраны – границы территории, непосредственно окружающей не только источники, но и их притоки, на которой установлен режим ограничения строительства и хозяйственного пользования земель и водных объектов;

- границы жесткой зоны II пояса санитарной охраны – границы территории, непосредственно прилегающей к акватории водисточников и выделяемой в пределах территории II пояса по границам прибрежной полосы с режимом ограничения хозяйственной деятельности.

Состав исходных материалов для разработки проекта

- Разрешение на осуществление градостроительной деятельности.
- Задание на проектирование.
- Комплект исходно-разрешительной документации.
- Свидетельство об утверждении архитектурно-градостроительного решения (при наличии).
- Ситуационный план М 1 : 2000.
- Топографический план с подземными коммуникациями М 1 : 500 (со сроком действия не более четырех лет).
- Реставрационное задание (для объектов реставрации).
- Технологическое задание (для промышленных объектов, а также общественных со специальной технологией).

- Инженерно-геологическое заключение.
- Справки по экологическим характеристикам территории, окружающей застройки и санитарных зон.
- Обмерочные чертежи зданий, сооружений, подземных и наземных сетей и коммуникаций, подлежащих реконструкции.
- Инженерное заключение о несущей способности фундаментов, состоянии несущих и ограждающих конструкций реконструируемых объектов.
- Правоустанавливающие документы по использованию объекта недвижимости.
- Условия размещения временных сооружений, мест складирования строительных материалов и т.д.
- Обмерочные чертежи существующих на участке строительства зданий и сооружений, подземных и наземных сетей и коммуникаций.
- Конструкторская документация и технические требования на изделия производственной программы годового выпуска продукции.
- Технологические процессы на изготовление изделий или изделия-представителя.
- Технические условия на энергообеспечение, обеспечение водой и канализацию.

Глава 1.2

ПРЕДПРОЕКТНЫЙ ПЕРИОД

На первом этапе предпроектного периода заказчик, исходя из целей инвестирования и исследования ситуации на рынке продукции и услуг, с учетом решений и рекомендаций, принятых в программах, прогнозах и схемах развития и размещения производительных сил и иных материалов, составляет *Ходатайство* (Декларацию) о намерениях и представляет его на рассмотрение в местный орган исполнительной власти.

Примерное содержание ходатайства, рекомендуемое соответствующими правилами, следующее.

- Инвестор (заказчик) – наименование.
- Местоположение (район, пункт) намечаемого к строительству предприятия, здания и сооружения.
- Наименование предприятия, его технические и технологические данные:
 - объем производства промышленной продукции (оказания услуг) в стоимостном выражении в целом и по основным видам (в натуральном выражении);

– сроки строительства и ввода объекта в эксплуатацию.

- Примерная численность рабочих и служащих, источники удовлетворения потребности в рабочей силе.

- Ориентировочная потребность предприятия в сырье и материалах.

- Ориентировочная потребность предприятия в водных ресурсах (объем, источник водообеспечения).

- Ориентировочная потребность предприятия в энергоресурсах (электроэнергия, тепло, пар, топливо); источник снабжения.

- Транспортное обеспечение.

- Обеспечение работников и их семей объектами жилищно-коммунального и социально-бытового назначения.

- Потребность в земельных ресурсах (с соответствующим обоснованием примерного размера земельного участка и сроков его использования).

- Водоотведение стоков. Методы очистки, качество сточных вод, условия сброса, использование существующих или строительство новых очистных сооружений.

- Возможное влияние предприятия, сооружения на окружающую среду:

- виды воздействия на компоненты природной среды (типы нарушений, наименования и количество ингредиентов – загрязнителей);

- возможность аварийных ситуаций (вероятность, масштаб, продолжительность воздействия).

- Отходы производства (виды, объемы, токсичность), способы их утилизации.

- Источники финансирования намечаемой деятельности, учредители, участвующие пайщики, финансовые институты, коммерческие банки, кредиты.

- Использование готовой продукции (примерное распределение).

По результатам положительного рассмотрения ходатайства органом исполнительной власти заказчик принимает решение о разработке предпроектной документации – обоснований инвестиций в организацию производства продукции, услуг.

Организация производства может осуществляться за счет нового строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения предприятий, зданий и сооружений.

К *техническому перевооружению* действующих предприятий относится комплекс

мероприятий по повышению технико-экономического уровня отдельных производств, цехов и участков на основе внедрения передовой технологии и новой техники, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены устаревшего и физически изношенного оборудования новым, более производительным, а также по совершенствованию общезаводского хозяйства и вспомогательных служб.

При техническом перевооружении действующих предприятий могут осуществляться установка на существующих производственных площадях дополнительного оборудования и машин, внедрение автоматизированных систем управления и контроля, применение современных средств в управлении производством, модернизация и технологическое переустройство природоохранных объектов, отопительных и вентиляционных систем, присоединение предприятий, цехов и установок к централизованным источникам тепло- и электроснабжения. При этом возможна частичная перестройка (усиление несущих конструкций, замена перекрытий, изменение планировки существующих зданий и сооружений, а также другие мероприятия) и расширение существующих производственных зданий и сооружений, обусловленные габаритами размещаемого нового оборудования, и расширение существующих или строительство новых объектов подсобного и обслуживающего назначения (например, компрессорных, котельных, кислородных станций и других объектов), если оно связано с проводимыми мероприятиями по техническому перевооружению.

К *реконструкции* действующих предприятий относится переустройство существующих цехов и объектов основного, подсобного и обслуживающего назначения, связанное с совершенствованием производства и повышением его технико-экономического уровня и осуществляемое по комплексному проекту на модернизацию предприятия в целях увеличения производственных мощностей, улучшения качества и изменения номенклатуры продукции, в основном, без увеличения численности работающих при одновременном улучшении условий их труда и охраны окружающей среды.

При реконструкции действующих предприятий могут осуществляться следующие мероприятия:

- расширение отдельных зданий и сооружений основного, подсобного и обслуживающего назначения в случаях, когда новое

высокопроизводительное и более совершенное по техническим показателям оборудование не может быть размещено в существующих зданиях;

- строительство новых и расширение существующих цехов и объектов подсобного и обслуживающего назначения;

- строительство на территории действующего предприятия новых зданий и сооружений того же назначения взамен ликвидируемых, дальнейшая эксплуатация которых по техническим условиям признана нецелесообразной.

К *расширению действующих предприятий* относится строительство дополнительных производств на ранее созданном предприятии, а также возведение новых и расширение существующих отдельных цехов и объектов основного, подсобного и обслуживающего назначения на территории действующих предприятий или примыкающих к ним площадках в целях создания дополнительных или новых производственных мощностей.

К *расширению действующих предприятий* относится также строительство филиалов и производств, входящих в их состав, которые после ввода в эксплуатацию не будут находиться на самостоятельном балансе.

К *новому строительству* относится возведение объектов основного, подсобного и обслуживающего назначения вновь создаваемых предприятий, зданий и сооружений, а также филиалов и отдельных производств, которые после ввода в эксплуатацию будут находиться на самостоятельном балансе. Новое строительство осуществляется на свободных территориях в целях создания новой производственной мощности.

"Обоснования инвестиций" разрабатываются, как правило, заказчиком. При необходимости, заказчик привлекает к их разработке проектные организации.

Примерный перечень данных и требований, включаемых в задание на разработку "Обоснований инвестиций", приводится ниже.

- * Основные данные о заказчике-инвесторе.

- * Местоположение предприятия, здания, сооружения.

- * Цель и источники инвестирования, объем предусмотренных финансовых средств.

- * Номенклатура продукции (объем оказываемых услуг).

- * Требования к технологиям, производству продукции и основному оборудованию.

- * Требования к архитектурно-планировочным, конструктивным и инженерным решениям.

- * Требования к охране окружающей среды.

- * Особые условия строительства.

- * Основные технико-экономические характеристики и показатели объекта.

К заданию прикладываются:

- материалы, полученные от местных органов исполнительной власти, в том числе решения по результатам рассмотрения Ходатайства (Декларации) о намерениях, предварительные условия на возможное присоединение предприятия (здания, сооружения) к источникам снабжения, инженерным сетям и коммуникациям, картографические (топографические) материалы, ситуационный план, требования по санитарно-эпидемиологическим, экологическим условиям;

- устанавливаемые технические характеристики продукции предприятия, данные о ее стоимости;

- требования по созданию (применению, использованию) технологических процессов и оборудования.

Порядок разработки, согласования, утверждения и состава обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений изложен в своде правил системы нормативных документов в строительстве.

Этот нормативный документ содержит принципиальные, обобщенные подходы, требования и рекомендации по составу и содержанию "Обоснований инвестиций" и предназначен для применения заказчиками (инвесторами) и другими участниками инвестиционного процесса.

Исходными данными для разработки "Обоснований" являются имеющиеся у заказчика материалы и исследования, градостроительная документация, а также требования и условия, изложенные в задании на их разработку.

Мощность предприятия, номенклатура продукции оценкой современного состояния производства и потребления намечаемой к выпуску продукции, анализом перспективной потребности и возможности ее сбыта на внутреннем и внешнем рынках с учетом условий конкуренции, уровня качества, стоимости и т.п.

Выбранная технология производства обосновывается сравнением возможных вариантов технологических процессов по уровню

их эффективности, технической безопасности, потреблению ресурсов на единицу продукции, а также степени риска и вероятности возникновения аварийных ситуаций. Определяются производственно-технологическая структура объекта и его состав.

Исходя из установленной производственной программы выпуска продукции, принятых технологий и состава технологического оборудования определяется годовая потребность предприятия в необходимых ресурсах (сырье, материалах, воде, топливе, электроэнергии, полуфабрикатах, комплектующих), обосновываются возможные источники и условия обеспечения предприятия ресурсами, в том числе за счет возможной внешней кооперации.

В состав "Обоснований" должны включаться картографические материалы, в том числе, схема ситуационного плана с размещением объекта и указанием мест присоединения его к инженерным сетям и коммуникациям, схема генерального плана объекта, обосновывающие размеры необходимого земельного участка.

На основе определенной потребности в трудовых ресурсах рассматриваются условия и характеристика труда на предприятии, альтернативные варианты удовлетворения потребности в трудовых ресурсах.

Раздел "Оценка воздействия на окружающую среду" выполняется в соответствии с законодательными и нормативными документами, регулирующими природоохранную деятельность в Российской Федерации.

Оценка воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду – это процесс, способствующий принятию экологически ориентированного управленческого решения о реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности посредством определения возможных неблагоприятных воздействий, оценки экологических последствий, учета общественного мнения, разработки мер по уменьшению и предотвращению воздействий.

Раздел "Эффективность инвестиций" выполняется на основе анализа информации других разделов "Обоснований", а также стоимости строительства, определяемой по аналогам и укрупненным показателям, прогнозным и экспертным оценкам.

По результатам расчетов в этом разделе выявляются возможности повышения экономической эффективности и надежности инве-

стиционного проекта за счет совершенствования принимаемых решений, более рационального использования ресурсов и прочих факторов.

Оценка эффективности инвестиций производится в соответствии с "Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования".

К "Обоснованиям" прилагаются документы согласований и графические материалы – схемы, чертежи (при необходимости, демонстрационные материалы).

Приводятся основные технико-экономические и финансовые показатели объекта инвестиций, рекомендуемые для принятия решения об их одобрении (утверждении):

- мощность предприятия (годовой выпуск продукции, пропускная способность) в натуральном выражении (по видам продукции);
- стоимость товарной продукции;
- общая численность работающих (в том числе рабочих);
- количество (прирост) рабочих мест;
- стоимость строительства, объектов производственного назначения и прочих объектов;
- стоимость основных производственных фондов;
- продолжительность строительства;
- удельные капитальные вложения;
- себестоимость основных видов продукции;
- балансовая прибыль;
- чистая прибыль (доход);
- срок окупаемости капитальных вложений;
- внутренняя норма рентабельности.

"Обоснования" служат основанием для принятия решения о хозяйственной необходимости, технической возможности, коммерческой, экономической и социальной целесообразности инвестиций в организацию производства, получения, при необходимости, Акта выбора земельного участка для размещения объекта, выполнения проектно-изыскательских работ.

Материалы "Обоснований" могут использоваться заказчиком для:

- проведения социологических исследований, опросов общественного мнения и референдумов о возможности сооружения объекта;

– разработки бизнес-плана, обеспечивающего подтверждение кредитору или организации гарантии по кредитам, платежеспособности и финансовой устойчивости предприятия или иного объекта инвестирования в части возможности инвестора выполнения обязательств по долгам;

– переговоров с государственными и местными органами исполнительной власти о предоставлении ему субсидий, налоговых и иных льгот.

Глава 1.3

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Проектная документация на строительство, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение предприятий, зданий и сооружений производственного назначения, как правило, должна состоять из следующих разделов:

- общая пояснительная записка;
- генеральный план и транспорт;
- технологические решения;
- организация и условия труда работников;
- управление производством и предприятием;
- архитектурно-строительные решения;
- инженерное оборудование, сети и системы;
- организация строительства;
- охрана окружающей среды;
- инженерно-технические мероприятия гражданской обороны;
- мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций;
- сметная документация;
- эффективность инвестиций.

Рекомендуемый состав и содержание разделов комплексного проекта приводятся ниже.

Общая пояснительная записка. Основание для разработки проекта, исходные данные для проектирования, краткая характеристика предприятия и входящих в его состав производств, данные о проектной мощности и номенклатуре, качестве, конкурентоспособности, техническом уровне продукции, сырьевой базе, потребности в топливе, воде, тепловой и электрической энергии, комплексном использовании сырья, отходов производства, вторичных энергоресурсов; сведения о социально-экономических и экологических условиях района строительства.

Основные показатели по генеральному плану, инженерным сетям и коммуникациям, мероприятия по инженерной защите территории.

Общие сведения, характеризующие условия и охрану труда работающих, санитарно-эпидемиологические мероприятия, основные решения, обеспечивающие безопасность труда и условия жизнедеятельности маломобильных групп населения.

Сведения об использованных в проекте изобретениях.

Технико-экономические показатели, полученные в результате разработки проекта, их сопоставление с показателями утвержденных (одобренных) обоснований инвестиций по данному объекту и установленным заданием на проектирование, выводы и предложения по реализации проекта.

Сведения о проведенных согласованиях проектных решений; подтверждение соответствия разработанной проектной документации государственным нормам, правилам, стандартам, исходным данным, а также техническим условиям и требованиям, выданным органами государственного надзора (контроля) и заинтересованными организациями при согласовании места размещения объекта. Оформленные в установленном порядке согласования об отступлениях от действующих нормативных документов.

Генеральный план и транспорт. Краткая характеристика района и промышленной площадки объекта; решения и показатели по генеральному плану (с учетом зонирования территории), внутриплощадочному и внешнему транспорту, выбор вида транспорта, основные планировочные решения, мероприятия по благоустройству территории; решения по расположению инженерных сетей и коммуникаций; организация охраны предприятия.

Основные чертежи:

– ситуационный план размещения предприятия, здания, сооружения с указанием на нем существующих и проектируемых внешних инженерных сетей коммуникаций и границ санитарно-защитной зоны, особо охраняемых территорий. Для линейных сооружений приводится план трассы (внеплощадочных и внутриплощадочных), а при необходимости – продольный профиль трассы;

- картограмма земельных масс;
- генеральный план, на котором наносятся существующие и проектируемые (рекон-

струируемые) и подлежащие сносу здания и сооружения, объекты охраны окружающей среды и благоустройства, озеленения территории и принципиальные решения по расположению внутриплощадочных инженерных сетей и транспортных коммуникаций, планировочные отметки территории. Выделяются объекты, сети и транспортные коммуникации, входящие в пусковые комплексы.

Технологические решения. Данные о производственной программе; краткая характеристика и обоснование решений по технологии производства, данные о трудоемкости (станкоемкости) изготовления продукции, механизации и автоматизации технологических процессов, состав и обоснование применяемого оборудования, в том числе импортного; решения по применению малоотходных и безотходных технологических процессов и производств, повторному использованию тепла и уловленных химвеществ; характеристика межцеховых и цеховых грузопотоков.

Решения по организации контроля качества продукции.

Данные о количестве и составе вредных выбросов в атмосферу и сбросов в водные источники (по отдельным производствам, цехам, сооружениям).

Технические решения по предотвращению (сокращению) выбросов и сбросов вредных веществ в окружающую среду; оценка возможности возникновения аварийных ситуаций и решения по их предотвращению.

Вид, состав и объем отходов производства, подлежащих утилизации и захоронению.

Топливо-энергетический и материальный балансы технологических процессов.

Потребность в основных видах ресурсов для технологических нужд.

Основные чертежи:

- принципиальные схемы технологических процессов;
- технологические планировки по корпусам (цехам) с указанием размещения оборудования и транспортных средств;
- схемы грузопотоков.

Управление производством, предприятием и организация условий и охраны труда рабочих и служащих. В этом разделе, в соответствии с нормативными документами, рассматриваются: организационная структура управления предприятием и отдельными производствами, автоматизированная система управления и его информационное, функцио-

нальное, организационное и техническое обеспечение; автоматизация и механизация труда работников управления; результаты расчетов численного и профессионально-квалификационного состава работающих; число и оснащенность рабочих мест. Санитарно-гигиенические условия труда работающих. Мероприятия по охране труда и технике безопасности, в том числе решения по снижению производственных шумов и вибраций, загазованности помещений, избытка тепла, повышения комфортности условий труда и т.д.

Архитектурно-строительные решения. Сведения об инженерно-геологических, гидро-геологических условиях промышленной площадки объекта. Краткое описание и обоснование архитектурно-строительных решений по основным зданиям и сооружениям; принципиальных решений по снижению производственных шумов и вибраций, служебно-бытовому и санитарному обслуживанию работающих.

Мероприятия по электро-, взрыво- и пожаробезопасности; защите строительных конструкций, сетей и сооружений от коррозии.

Основные чертежи:

- планы, разрезы и фасады основных зданий и сооружений со схематическим изображением основных несущих и ограждающих конструкций.

Инженерное оборудование, сети и системы. Решения по водоснабжению, канализации, теплоснабжению, газоснабжению, электроснабжению, отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха.

Инженерное оборудование зданий и сооружений, в том числе: электрооборудование, электроосвещение, связь и сигнализация, радиофикация и телевидение, противопожарные устройства и молниезащита и др.

Диспетчеризация и автоматизация управления инженерными системами.

Основные чертежи:

- принципиальные схемы теплоснабжения, электроснабжения, газоснабжения, водоснабжения и канализации и др.;
- планы и профили инженерных сетей;
- чертежи основных сооружений;
- планы и схемы внутрицеховых отопительно-вентиляционных устройств, электроснабжения и электрооборудования, радиофикации и сигнализации, автоматизации управления инженерными системами и др.

Организация строительства. Настоящий раздел разрабатывается в соответствии с

нормами и правилами "Организации строительного производства", с учетом условий и требований, изложенных в задании на выполнение проектных работ, имеющихся данных о рынке строительных услуг и условий подрядных организаций.

Охрана окружающей среды. Настоящий раздел выполняется в соответствии с государственными стандартами, строительными нормами и правилами и другими нормативными актами, регулирующими природоохранную деятельность.

Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций. Настоящий раздел выполняется в соответствии с нормами и правилами в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Сметная документация. Для определения сметной стоимости строительства* предприятий, зданий и сооружений (или их очереди) составляется сметная документация в соответствии с положениями и формами, приводимыми в соответствующих нормативно-методических документах.

Состав документации, разработанной на стадии проектирования, должен содержать:

- сводные сметные расчеты стоимости строительства и, при необходимости, сводку затрат;

- объектные и локальные сметные расчеты;

- сметные расчеты на отдельные виды затрат (в том числе на проектные и изыскательские работы).

В составе рабочей документации: объектные и локальные сметы.

Для определения стоимости строительства рекомендуется использовать действующую сметно-нормативную (нормативно-информационную) базу, разрабатываемую, вводимую в действие и уточняемую в установленном порядке.

* Понятие "строительство" включает направления инвестиций на техническое перевооружение, реконструкцию, расширение действующих или новое строительство предприятий, зданий и сооружений. В настоящем издании применено только для разделов "Сметная документация", "Эффективность инвестиций", а также определения стоимости проектных работ

Стоимость строительства в сметной документации рекомендуется приводить в двух уровнях цен:

- в базисном (постоянном) уровне, определяемом на основе действующих сметных норм и цен;

- в текущем или прогнозном уровне, определяемом на основе цен, сложившихся ко времени составления смет или прогнозируемых к периоду осуществления строительства.

В состав сметной документации включается также пояснительная записка, в которой приводятся данные, характеризующие примененную сметно-нормативную (нормативно-информационную) базу, уровень цен и другие сведения, отличающие условия данной стройки.

На основе текущего (прогнозного) уровня стоимости, определенного в состав сметной документации, заказчики и подрядчики формируют свободные (договорные) цены на строительную продукцию.

Эти цены могут быть открытыми, то есть уточняемыми в соответствии с условиями договора (контракта) в ходе строительства, или твердыми (окончательными).

В результате совместного решения заказчика и подрядной строительной-монтажной организации оформляется протокол (ведомость) свободной (договорной) цены на строительную продукцию по соответствующей форме.

В сводном сметном расчете отдельной строкой предусматривается резерв средств на непредвиденные работы и затраты, исчисляемый от общей сметной стоимости (в текущем уровне цен) в зависимости от степени проработки и новизны проектных решений.

Дополнительные средства на возмещение затрат, выявившихся после утверждения проектной документации в связи с введением по решениям Правительства Российской Федерации повышающих коэффициентов, льгот, компенсаций и др., следует включать в сводный сметный расчет отдельной строкой, с последующим изменением итоговых показателей стоимости строительства и утверждением произведенных уточнений инстанцией, утвердившей проектную документацию.

Эффективность инвестиций. На основе количественных и качественных показателей, полученных при разработке соответствующих разделов проекта, выполняются расчеты эффективности инвестиций.

Производится сопоставление обобщенных данных и результатов расчетов с основными технико-экономическими показателями, определенными в составе обоснований инвестиций и заданием на проектирование по данному объекту, и на его основе принимается окончательное решение об инвестировании реализации проекта.

Настоящий раздел выполняется в соответствии с "Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования".

В соответствующих разделах проекта следует приводить:

- спецификации оборудования, составляемые применительно к форме, установленной государственными стандартами;
- исходные требования к разработке конструкторской документации на нестандартизированное оборудование индивидуального изготовления, что оговаривается в договоре (контракте).

Глава 1.4

ДОГОВОРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ И ФИНАНСИРОВАНИЕ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ

Понятие договора. Договором признается соглашение двух или нескольких лиц об установлении, изменении или прекращении гражданских прав и обязанностей.

К договорам, заключаемым более чем двумя сторонами, общие положения о договоре применяются, если это не противоречит многостороннему характеру таких договоров.

Свобода договора. Граждане и юридические лица свободны в заключении договора. Принуждение к заключению договора не допускается.

Стороны могут заключить договор, как предусмотренный, так и не предусмотренный законом или иными правовыми актами.

Условия договора определяются по усмотрению сторон, кроме случаев, когда содержание соответствующего условия предписано законом или иными правовыми актами.

Если условие договора не определено сторонами, соответствующие условия определяются обычаями делового оборота, применимыми к отношениям сторон.

Договор и закон. Договор должен соответствовать обязательным для сторон правилам, установленным законом и иными право-

выми актами, действующим в момент его заключения.

Если после заключения договора принят закон, устанавливающий обязательные для сторон правила иные, чем те, которые действовали при заключении договора, условия заключенного договора сохраняют силу, кроме случаев, когда в законе установлено, что его действие распространяется на отношения, возникшие из ранее заключенных договоров.

Цена. Исполнение договора оплачивается по цене, установленной соглашением сторон.

В предусмотренных законом случаях применяются цены (тарифы, расценки, ставки и т.п.), устанавливаемые или регулируемые уполномоченными на то государственными органами.

Изменение цены после заключения договора допускается в случаях и на условиях, предусмотренных договором, законом либо в установленном законом порядке.

Действие договора. Договор вступает в силу и становится обязательным для сторон с момента его заключения.

Стороны вправе установить, что условия заключенного ими договора применяются к их отношениям, возникшим до заключения договора.

Законом или договором может быть предусмотрено, что окончание срока действия договора влечет прекращение обязательств сторон по договору.

Договор, в котором отсутствует такое условие, признается действующим до определенного в нем момента окончания исполнения сторонами обязательства.

Окончание срока действия договора не освобождает стороны от ответственности за его нарушение.

Примерные условия договора. В договоре может быть предусмотрено, что его отдельные условия определяются примерными условиями, разработанными для договоров соответствующего вида и опубликованными в печати.

Основные положения о заключении договора. Договор считается заключенным, если между сторонами в требуемой форме достигнуто соглашение по всем существенным условиям договора.

Существенными являются условия о предмете договора, условия, которые названы в законе или иных правовых актах как существенные или необходимые для договоров данного вида, а также все те условия, относитель-

но которых по заявлению одной из сторон должно быть достигнуто соглашение.

Форма договора. Договор может быть заключен в любой форме, предусмотренной для совершения сделок, если законом для договоров данного вида не установлена определенная форма.

Если стороны договорились заключить договор в определенной форме, он считается заключенным после придания ему условленной формы, хотя законом для договоров данного вида такая форма не требовалась.

Договор в письменной форме может быть заключен путем составления одного документа, подписанного сторонами, а также путем обмена документами посредством почтовой, телеграфной, телетайпной, телефонной, электронной или иной связи, позволяющей достоверно установить, что документ исходит от стороны по договору.

Основания изменения и расторжения договора. По требованию одной из сторон договор может быть изменен или расторгнут по решению суда только при существенном нарушении договора другой стороной.

Существенным признается нарушение договора одной из сторон, которое влечет для другой стороны такой ущерб, что она в значительной степени лишается того, на что была вправе рассчитывать при заключении договора.

В случае одностороннего отказа от исполнения договора полностью или частично, когда такой отказ допускается законом или соглашением сторон, договор считается соответственно расторгнутым или измененным.

Изменение и расторжение договора в связи с существенным изменением обстоятельств. Существенное изменение обстоятельств, из которых стороны исходили при заключении договора, является основанием для его изменения или расторжения, если иное не предусмотрено договором или не вытекает из его существа.

При расторжении договора вследствие существенно изменившихся обстоятельств суд по требованию любой из сторон определяет последствия расторжения договора, исходя из необходимости справедливого распределения между сторонами расходов, понесенных ими в связи с исполнением этого договора.

Изменение договора в связи с существенным изменением обстоятельств допускается по решению суда в исключительных случаях, когда расторжение договора противоречит

общественным интересам либо повлечет для сторон ущерб, значительно превышающий затраты, необходимые для исполнения договора на измененных судом условиях.

Последствия изменения и расторжения договора. При изменении договора обязательства сторон сохраняются в измененном виде.

При расторжении договора обязательства сторон прекращаются.

В случае изменения или расторжения договора обязательства считаются измененными или прекращенными с момента заключения соглашения сторон об изменении или о расторжении договора, если иное не вытекает из соглашения или характера изменения договора, а при изменении или расторжении договора в судебном порядке – с момента вступления в законную силу решения суда об изменении или о расторжении договора.

Стороны не вправе требовать возвращения того, что было исполнено ими по обязательству до момента изменения или расторжения договора, если иное не установлено законом или соглашением сторон.

Подряд и выполнение проектных и изыскательских работ.

Договор подряда на выполнение проектных и изыскательских работ. По договору подряда на выполнение проектных и изыскательских работ подрядчик (проектировщик, изыскатель) обязуется по заданию заказчика разработать техническую документацию и (или) выполнить изыскательские работы, а заказчик обязуется принять и оплатить их результат.

Исходные данные для выполнения проектных и изыскательских работ. По договору подряда на выполнение проектных и изыскательских работ заказчик обязан передать подрядчику задание на проектирование, а также иные исходные данные, необходимые для составления технической документации. Задание на выполнение проектных работ может быть по поручению заказчика подготовлено подрядчиком. В этом случае задание становится обязательным для сторон с момента его утверждения заказчиком.

Подрядчик обязан соблюдать требования, содержащиеся в задании и других исходных данных для выполнения проектных и изыскательских работ, и вправе отступить от них только с согласия заказчика.

Обязанности подрядчика. По договору подряда на выполнение проектных и изыскательских работ подрядчик обязан:

- выполнять работы в соответствии с заданием и иными исходными данными на проектирование и договором;

- согласовывать готовую техническую документацию с заказчиком, а при необходимости вместе с заказчиком – с компетентными государственными органами и органами местного самоуправления;

- передать заказчику готовую техническую документацию и результаты изыскательских работ.

Подрядчик не вправе передавать техническую документацию третьим лицам без согласия заказчика.

Подрядчик по договору подряда на выполнение проектных и изыскательских работ гарантирует заказчику отсутствие у третьих лиц права воспрепятствовать выполнению работ или ограничивать их выполнение на основе подготовленной подрядчиком технической документации.

Ответственность подрядчика за ненадлежащее выполнение проектных и изыскательских работ. Подрядчик по договору подряда на выполнение проектных и изыскательских работ несет ответственность за ненадлежащее составление технической документации и выполнение изыскательских работ, включая недостатки, обнаруженные впоследствии в ходе строительства, а также в процессе эксплуатации объекта, созданного на основе технической документации и данных изыскательских работ.

При обнаружении недостатков в технической документации или в изыскательских работах подрядчик по требованию заказчика обязан безвозмездно переделать техническую документацию и соответственно произвести необходимые дополнительные изыскательские работы, а также возместить заказчику причиненные убытки, если законом или договором подряда на выполнение проектных и изыскательских работ не установлено иное.

Обязанности заказчика. По договору подряда на выполнение проектных и изыскательских работ заказчик обязан, если иное не предусмотрено договором:

- уплатить подрядчику установленную цену полностью после завершения всех работ или уплачивать ее частями после завершения отдельных этапов работ;

- использовать техническую документацию, полученную от подрядчика, только на цели, предусмотренные договором, не переда-

вать техническую документацию третьим лицам и не разглашать содержащиеся в ней данные без согласия подрядчика;

- оказывать содействие подрядчику в выполнении проектных и изыскательских работ в объеме и на условиях, предусмотренных в договоре;

- участвовать вместе с подрядчиком в согласовании готовой технической документации с соответствующими государственными органами и органами местного самоуправления;

- возместить подрядчику дополнительные расходы, вызванные изменением исходных данных для выполнения проектных и изыскательских работ вследствие обстоятельств, не зависящих от подрядчика;

- привлечь подрядчика к участию в деле по иску, предъявленному к заказчику третьим лицом в связи с недостатками составленной технической документации или выполненных изыскательских работ.

Определение стоимости проектных работ. "Справочник базовых цен на проектные работы для строительства. Объекты машиностроительной промышленности" (далее именуемый Справочник) рекомендуется для определения базовых цен с целью последующего формирования договорных цен на разработку проектно-сметной документации для строительства объектов машиностроительной промышленности (заводов, отдельных корпусов, зданий и сооружений).

Базовые цены в Справочнике установлены в зависимости от общей стоимости строительства объектов проектирования (без учета налога на добавленную стоимость).

Справочник предназначен для применения организациями различных организационно-правовых форм, имеющих лицензию на выполнение соответствующих проектных работ для строительства и имеющих согласно законодательству Российской Федерации статус юридического лица.

Цены в Справочнике учитывают все затраты, в соответствии с Методическими рекомендациями по составу и учету затрат, включаемых в себестоимость проектной и изыскательской продукции (работ, услуг) для строительства, и формированию финансовых результатов.

В Справочнике приведены цены на индивидуальное проектирование объектов машиностроительной промышленности, состоящих из комплекса зданий и сооружений.

Ценами Справочника не учтены:

- разработка указанных в задании на проектирование проектных решений в нескольких вариантах;
- разработка рабочих чертежей на специальные вспомогательные сооружения, приспособления, устройства и установки для производства строительно-монтажных работ;
- разработка решений по монументально-декоративному оформлению зданий, сооружений;
- внесение изменений в проектную документацию (за исключением исправления ошибок, допущенных проектной организацией);
- разработка детализованных чертежей металлических конструкций (КМД) и технологических трубопроводов заводского изготовления;
- обследования и обмерные работы на объектах, подлежащих расширению, реконструкции и техническому перевооружению;
- разработка конструкторской документации по оборудованию индивидуального изготовления, кроме составления исходных требований, необходимых для разработки технического задания на выполнение этой документации;
- демонстрационные макеты;
- авторский надзор;
- научно-исследовательские и опытно-экспериментальные работы;
- маркетинговые услуги;
- затраты на служебные командировки;
- проектные работы по ассимиляции производства;
- работы по сбору исходных данных и обработке показателей по трудоемкости изделий-представителей;
- разработка технологических процессов;
- разработка проектов производства строительно-монтажных работ (ППР);
- проектирование временных зданий и сооружений для нужд строительных организаций;
- разработка автоматизированных систем управления предприятием (АСУП) и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

Стоимость разработки работ, не учтенных ценами Справочника, определяется по соответствующим этим видам работ сборникам цен или по трудозатратам проектной организации. При выполнении проектных работ по заказу территориальных органов и финансировании их за счет средств местного бюджета, допускается определять стоимость проектных работ по сборникам цен, применение которых регламентировано на данной территории.

Укрупненно, общая стоимость проектно-исследовательских работ может составлять до 10 % от стоимости строительства (с учетом различных влияющих факторов).

Глава 1.5

ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ОБЪЕКТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Производственная структура предприятия – это состав его производственных подразделений: цехов, участков, обслуживающих хозяйств, формы их размещения и производственных связей.

Производственная структура находится в прямой зависимости от характера продукции, способов ее изготовления, масштаба производства, уровня и форм специализации и кооперирования с другими потребителями.

Ниже приводится примерная структурная схема состава комплексного машиностроительного предприятия (рис. 1.5.1).

Для небольших предприятий возможна бесцеховая структура, при которой все производство рассматривается по технологическому признаку отдельными участками.

Характерные особенности технологического проектирования отдельных производств предприятия изложены ниже.

По каждому из производств изложение материала содержит сведения об организации и составе производства, технологических процессах и основному технологическому оборудованию, а также специфические условия по размещению производств и их участков на территории предприятия и в его корпусах и зданиях.

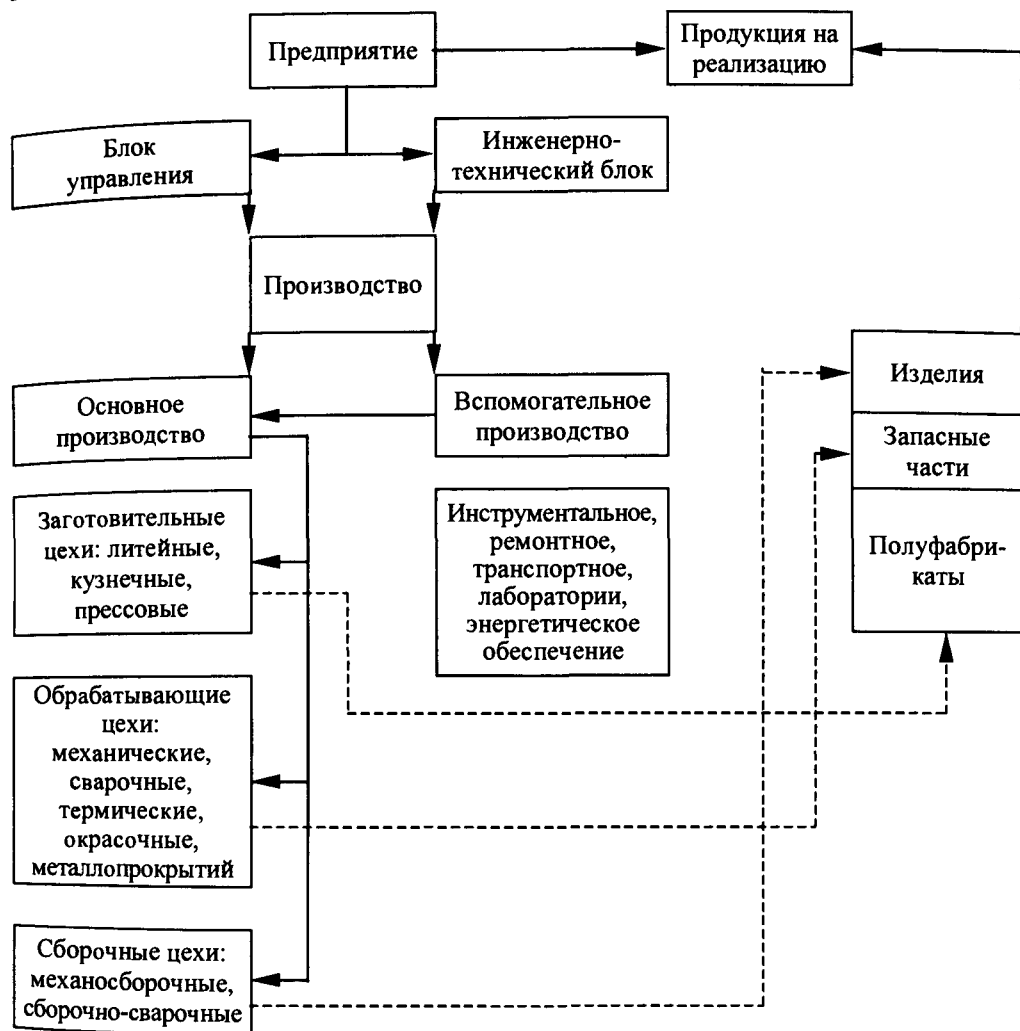


Рис. 1.5.1. Структурная схема состава комплексного машиностроительного предприятия

1.5.1. ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение. Производство предназначается для изготовления заготовок мерной длины, идущих для дальнейшей обработки в кузнечные, механические и сборочно-сварочные цехи.

В качестве исходного материала для заготовок применяют черные и цветные металлы и сплавы, поставляемые в виде сортового, периодического и фасонного проката, а также труб.

При изготовлении точной заготовки в качестве исходного материала применяют калиброванный пруткок. В условиях крупносерийного и массового производств применяют прокат специального профиля и периодический прокат.

В кузнечно-штамповочных цехах получили широкое применение заготовки круглого профиля. Заготовки обычной точности применяют для штамповки на молотах и кривошипных ковочно-штамповочных прессах. Заготовки повышенной точности применяют для высадки на горизонтально-ковочных машинах.

В состав заготовительных цехов входят:

- производственные отделения: раскройка проката на заготовки мерной длины, правки и обдирки прутков;
- вспомогательные службы – мастерские для межремонтного обслуживания оборудования, оснастки и инструмента, экспресс-лаборатория;

– склады металла, заготовок, инструмента, огнеупоров, металлоотходов, а также кладовые вспомогательных материалов и инструмента.

Технологические решения. Основой для проектирования производства служит технологический процесс.

Технологический процесс может быть разработан по маршрутной ведомости, в которой указывается маршрут технологических операций изготовления заготовок, тип оборудования, продолжительность операции или часовая производительность, или трудоемкость (станкоемкость) на годовую программу производства.

Укрупненный расчет может быть выполнен по так называемому типовому "представителю" деталей.

При проектировании следует учитывать средства механизации, которые могут быть поставлены комплектно с основной производственной машиной (оборудованием).

Механизация резки включает следующие процессы: подачу прутков к ножницам, подачу прутка до упора.

У крупных ножниц при горячей резке прутков механизмируют следующие операции: подачу прутков на стеллаж, загрузку нагревательной печи, выдачу нагретых прутков на роликовый конвейер, перенос прутков на линию резки до упора ножниц, резку заготовок, выдачу нарезанных заготовок.

В массовом и крупносерийном производстве резка прутков на заготовки мерной длины производится в автоматических агрегатах.

Расположение основного оборудования на плане цеха зависит от принятой организации производства и конфигурации здания заготовительного цеха. Во всех случаях режущее оборудование следует устанавливать в один ряд, что обеспечивает наименьшую трудоемкость подачи металла к агрегатам и отбор заготовок от агрегатов.

Для межремонтного обслуживания оборудования и оснастки в заготовительном цехе предусматривается ремонтная служба с минимальным комплектом соответствующего оборудования и рабочих мест.

На основе данных о расходе основных и вспомогательных материалов и инструментов определяется складская площадь для их хранения и средства механизации погрузочно-разгрузочных работ.

Вся площадь цеха распределяется на производственную, вспомогательную и складскую.

Расход энергоресурсов определяется по технологическим характеристикам принятого в проекте оборудования или принимается по укрупненным показателям фактических данных действующего аналогичного производства: технологических газов для резки металла, электроэнергии, топлива для нагревательных печей, воды для охлаждения рабочих элементов этих печей, сжатого воздуха.

Размещение заготовительных цехов, отделений или участков при проектировании предприятий рассматривается в зависимости от объемов производства заготовок применительно к проектной программе выпуска основной продукции предприятия, а при реконструкции и техническом перевооружении предприятия с учетом существующих действующих заготовительных подразделений.

В структуре предприятия возможно как создание единого централизованного заготовительного цеха, так и отдельных заготовительных отделений и участков в составе основных производственных цехов: кузнечных, сборочно-сварочных, механосборочных.

При проектировании на заводе одного кузнечного цеха заготовительный цех размещают в одном корпусе с кузнечным производством; при двух корпусах цех размещают в кузнечном корпусе с наибольшим выпуском поковок, а если проектируют больше двух кузнечных корпусов, то заготовительный цех целесообразно размещать в отдельном корпусе.

Независимо от места расположения заготовительного цеха к нему примыкает склад металла с вводом железнодорожного пути нормальной колеи.

В данном справочном материале проектные решения по заготовительным отделениям, входящим в состав основных производственных цехов, рассматриваются в целом по этим цехам.

1.5.2. МЕХАНООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение. Механосборочное производство организуют как самостоятельные механические и сборочные цехи, так и объединенные механосборочные цехи, состоящие из механических и сборочных отделений.

При наличии на заводе нескольких механических, сборочных или механосборочных цехов каждый из них специализируется на выпуске определенных изделий, узлов и деталей.

Организация механосборочного производства зависит от конструктивных и технологических особенностей выпускаемых изделий, серийности производства и размера годового выпуска.

Наиболее совершенной формой организации производства является такая, при которой получение заготовки, механическая обработка, сборка, окраска и упаковка объединены в единый непрерывный технологический процесс. Ее применяют при массовом производстве. В большинстве же случаев производство группируют по отдельным цехам в соответствии с особенностями технологического процесса. Изделия, предусмотренные программой, распределяют по отдельным цехам по узловому, технологическому или смешанному признакам.

Организация цехов по узловому признаку – за каждым из цехов (отделений) закрепляют все детали определенного узла или изделия.

В зависимости от конструкции изделия наряду с механической обработкой предусматривается также сборка узлов (машин). В этом случае цехи являются самостоятельными механосборочными и делятся на механические и сборочные отделения. Такая организация возможна, когда программа выпуска достаточна для загрузки необходимого оборудования.

При наличии нескольких механосборочных цехов по механической обработке и сборке отдельных узлов предусматривают цех общей сборки машины. Такую организационную форму применяют в массовом и крупносерийном производствах.

Организация производства по узловому признаку часто имеет место и при обширной номенклатуре изделий единичного и мелкосерийного производств. В этом случае узлы распределяют по отдельным цехам в зависимости от их общей массы. Например, в проектах заводов тяжелого машиностроения для производства металлургического оборудования предусматривают следующие механосборочные цехи: крупных узлов, средних узлов, мелких узлов. В этих цехах предусматривают также соответствующие отделения для сборки узлов, общую же сборку производят при монтаже машины у заказчика. Такая организационная форма механосборочного производства длительное время являлась основной при проектировании заводов тяжелого машиностроения, и многие проекты выполнены именно таким образом.

Однако последующий анализ проектов показал, что организация цехов для производства металлургического оборудования в условиях единичного и мелкосерийного производства по узловому признаку, с разбивкой узлов по массе, приводит к дублированию крупного технологического оборудования, крановых средств и удорожает строительные решения. При этом в разных цехах обрабатывают одинаковые или однотипные детали, либо в одном и том же цехе обрабатывают крупные и очень мелкие детали, что приводит к нерациональному использованию оборудования.

Необходимо также учитывать, что на заводе не обязательно иметь полный состав цехов для обработки и сборки всех узлов, так как многие узлы и детали могут поступать от других заводов в порядке кооперации (например, двигатели, редукторы и др.).

В этом случае организация цехов по технологическому признаку является более прогрессивной и дает возможность осуществить групповой метод обработки подобных деталей.

Организация цехов по технологическому признаку – детали разных узлов и машин группируют по технологически сходному процессу и размерному подобию. Такая организационная форма приемлема для единичного и серийного производств, при которых деталями одного изделия не удается полностью загрузить оборудование. В цехах обрабатываются идентичные детали вне зависимости от того, к какому узлу или машине они принадлежат. Таким образом осуществляется поддетальная специализация, при которой сборочные цехи предусматривают как самостоятельные единицы по видам машин, например цех сборки прокатного оборудования, цех сборки дробильно-размольного оборудования. В эти цехи детали поступают из различных цехов и отделений.

К л а с с и ф и к а ц и я. К основным признакам, определяющими разновидность механических цехов, относятся: серийность производства, метод производства, число установленных станков и максимальная масса обрабатываемой детали.

По серийности производства различают цехи: единичного и мелкосерийного, серийного, крупносерийного и массового производства, каждый из которых отличается особенностями технологического процесса, используемым оборудованием и формой организации производства.

По методу производства различают цехи поточного и непоточного производств.

Максимальная масса обрабатываемой детали предопределяет технологические возможности оборудования, подъемно-транспортных средств и строительную характеристику здания.

Механические цехи делятся на несколько групп: например, группа цехов по обработке мелких тел вращения, нормализованных деталей и крепежа. В этой группе цехов обрабатываются детали, применяемые во всех машинах, выпускаемых заводом.

Другая группа предусматривает цехи по обработке крупных корпусных деталей, крупных валов, коротких тел вращения (диски, зубчатые колеса и т.д.).

Производство деталей разных изделий в одном цехе необходимо объединять с учетом общности технологических процессов изготовления деталей. Например, на станкостроительных заводах объединяют производство деталей продольно-строгальных и продольно-фрезерных станков в одном цехе, а на заводах тяжелого машиностроения объединяют производство деталей прокатного, доменного, мартиновского и другого оборудования.

Организация цехов по смешанному признаку — часть цехов проектируют по узловому, а часть по технологическому признаку.

Механосборочные цехи большинства заводов проектируют по смешанному признаку.

Вне зависимости от принятой организации производства обычно выделяют отдельно цехи специальных крепежных деталей и нормалей, где обрабатывают детали для всех машин, предусмотренных программой завода.

При наличии в программе большого количества редукторов, отдельных зубчатых колес и муфт, валов их производство выделяют в самостоятельный цех или отделение.

Из программы механообработки исключают крепежные и другие детали и узлы, которые подлежат поставке со специализированных заводов в порядке кооперации.

Технологические решения. Производственные отделения, участки и линии предназначены для размещения оборудования и рабочих мест основного производства согласно предусмотренному технологическому процессу.

Вспомогательные службы предназначены для обеспечения бесперебойной работы основных производственных участков и оборудования и включают:

- инструментальное хозяйство, в состав которого входят: инструментально-раздаточная кладовая, кладовая приспособлений, оснастки и абразивов, отделение заточки инструмента и мастерская по ремонту приспособлений и оснастки;

- ремонтное хозяйство — цеховая база по ремонту оборудования, кладовая запасных частей;

- складское хозяйство — склады и кладовые металла и заготовок, межоперационного хранения деталей, хранения готовых деталей, а также кладовые вспомогательных материалов;

- эмульсионное хозяйство — помещения для приготовления различных охлаждающих жидкостей и системы их раздачи на рабочие места;

- масляное хозяйство — склад масел, система раздачи масел на рабочие места и ворота их для регенерации;

- служба промежуточного и окончательного контроля обрабатываемых деталей.

В зависимости от принятой схемы организации производства и мощности цеха некоторые отделения могут быть объединены или исключены за счет пользования услугами вспомогательных служб, предусмотренных для других цехов, или централизованных вспомогательных цехов предприятия.

В небольших цехах эмульсионное и масляное хозяйство входят в состав ремонтной службы.

При расположении нескольких цехов в одном корпусе вспомогательные службы входят в состав наиболее крупного цеха и обслуживают весь корпус или группируются в самостоятельное корпусное подразделение.

Проектирование по точной программе ведут, в основном, при массовом и крупносерийном производствах, связанных с большим объемом технологических разработок и расчетов на конкретные изделия программы.

Проектирование по приведенной программе ведут в том случае, когда часть изделий, предусмотренная заданием на проектирование, не обеспечена полностью чертежами и другими исходными данными.

Расчеты по приведенной программе ведут при наличии большой номенклатуры изделий, схожих по конструкции, когда даже при наличии всех чертежей нет необходимости разрабатывать технологические процессы на все изделия программы.

При проектировании цехов по приведенной программе всю номенклатуру изделий, предусмотренных заданием, разбивают на группы. В каждую группу входят изделия, сходные по конструкции и технологии изготовления. В каждой группе назначают изделия-представитель, по которому ведут все последующие расчеты. В качестве изделий-представителей принимают наиболее характерные изделия данной группы и к ним предъявляют определенные требования:

число изделий-представителей должно быть преобладающим в годовой программе;

общая годовая трудоемкость изделий-представителей должна составлять значительную величину от общей годовой трудоемкости данной группы;

наличие в группе изделий близких аналогов, сходных по конструктивным признакам, габаритным размерам и массе.

Проектирование по условной программе ведут тогда, когда в номенклатуру заданной программы входят изделия, конструкция которых еще не разработана, а иногда даже неизвестна точная номенклатура изделий. В этом случае заданием на проектирование предусматривается выпуск по массе и стоимости. Для проектирования выбирают условные аналоги-представители, по которым имеются достаточные исходные данные. По принятым условным представителям и ведут проектирование. Проектирование по условной программе ведут в основном при единичном и мелкосерийном производстве.

В целях достижения прогрессивных технико-экономических показателей проекта следует руководствоваться следующими основными направлениями.

- Высокая концентрация операций, достигаемая в результате обработки несколькими инструментами одновременно различных поверхностей детали на одном станке. Концентрация операций применима при работе на многорезцовых станках, полуавтоматах, автоматах, многошпиндельных и агрегатных станках. Принцип концентрации операции является ведущим направлением, которое обеспечивает минимальную трудоемкость обработки деталей.

- Интенсификация процесса обработки за счет применения скоростного и силового резания, прогрессивных смазочно-охлаждающих жидкостей.

- Сокращение вспомогательного времени путем механизации и автоматизации отдельных процессов при помощи быстродействующих пневматических, гидравлических, электромагнитных и других устройств для зажима деталей и автоматизации управления станками; применения гидрокопировальных приспособлений, упоров на станках, ограничителей, устройств для автоматического контроля размеров деталей и т.д.

- Применение нового поколения высокопроизводительного металлорежущего оборудования, специальных, специализированных и агрегатных станков, а также автоматических линий.

- Повышение удельного веса металлорежущих станков для финишных операций, обеспечивающих высокое качество изделий, их надежность и долговечность.

- Применение высококачественных инструментов из быстрорежущей стали, твердых сплавов, металлокерамики, абразивов и алмазов, обеспечивающих интенсивные режимы резания, требуемую точность и чистоту обработки.

- Использование прогрессивных методов получения заготовок с минимальными припусками.

- Внедрение поточных методов производства.

Каждая отрасль машиностроения имеет свои специфические особенности технологических процессов. Применительно к отдельным отраслям машиностроения могут быть использованы следующие основные направления при проектировании механических цехов.

- Применение кузнечных заготовок с минимальными припусками с использованием методов свободнойковки на молотах гидравлических и кривошипных прессах; путем штамповки на ковочных молотах (в закрытых штампах);ковки и подштамповки; секционной штамповки крупногабаритных деталей; путем увеличения удельного веса литейных заготовок, полученных машинной формовкой, в оболочковые формы и другими методами точного литья.

- Перевод литых и кованых заготовок деталей на сварные, сварно-литые, сварно-кованные и другие комбинированные конструкции с использованием электрошлаковой сварки.

Указанные выше мероприятия дают возможность сократить объем механической обработки, а в некоторых случаях полностью ее исключить.

- Применение высокопроизводительного универсального оборудования с приспособлениями.

- Применение агрегатных станков из стандартных узлов с силовыми головками для обеспечения быстрого монтажа станочного агрегата по определенным операциям.

- Применение специализированных станков для обработки крупных деталей, что значительно снижает трудоемкость обработки и повышает качество, а также уменьшает количество дорогостоящего уникального оборудования.

- Применение станков, оснащенных различными навесными приспособлениями, расширяющими технологические возможности оборудования в связи с производством различных видов работ на одном станке (фрезерование, растачивание, сверление и т.д.) без переустановки деталей.

- Стендовая обработка крупногабаритных деталей с применением универсального и специализированного, а также переносного оборудования для обработки крупных деталей несколькими станками одновременно.

- Использование кольцевых сверл для удаления больших масс металла на универсально-расточных, токарных и сверлильных станках.

- Широкое применение протягивания отверстий и шпоночных пазов на крупных протяжных станках.

- Применение гидрофицированных агрегатно-расточных приспособлений и специальных борштанг с настроенными инструментами.

- Широкое применение круглых поворотных делительных столов с электромеханическим приводом большой грузоподъемности для использования при обработке деталей на фрезерных и расточных станках.

- Применение приспособлений для вихревого нарезания резьб.

- Применение отделки внутренних поверхностей путем раскатывания роликами отверстий.

- Одновременная обработка на продольно-строгальных и продольно-фрезерных станках разноименных деталей с целью использования всех суппортов и шпинделей.

- Одновременная многолезвийная обработка деталей на универсальных станках путем применения резцовых державок на токарных станках, составных фрез на фрезерных станках, многосверлильных головок на сверлильных станках.

- Использование широких быстрорежущих резцов для чистовой обработки на крупных токарных карусельных и продольно-строгальных станках.

- Оснащение станков универсальными сборными приспособлениями, гидрокопировальными суппортами, поворотными столами, угловыми головками, высокопроизводительными пневматическими и гидравлическими зажимными приспособлениями, значительно сокращающими вспомогательное время.

- Применение станков с программным управлением для вихревого фрезерования шеек коленчатых валов.

- Применение агрегатных установок для обработки крупных деталей несколькими станками одновременно, агрегатных головок для разгрузки дорогостоящего уникального оборудования, многорезцовых станков, а также станков с гидрокопировальными устройствами.

- Использование станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Использование роботизированных технологических комплексов (РТК).

- Использование станков типа "обрабатывающий центр" с числовым программным управлением и автоматической сменой инструмента.

- Использование автоматизированных участков, оснащенных станками с ЧПУ, управляемых от ЭВМ (гибкая производственная система).

- Организация переменного-поточных и групповых поточных линий, а также предметно-замкнутых участков.

Для крупносерийного и массового производства характерно использование высокопроизводительных методов получения заготовок, значительно уменьшающих, а в некоторых случаях исключаящих механическую обработку:

- горячая штамповка стальных заготовок в закрепленных штампах на штамповочных молотах, механически ковочных прессах и горизонтально-ковочных машинах;

- штамповка в сочетании с чеканкой и калибровкой деталей;

- точная штамповка методом выдавливания;

- замена штамповки прокаткой;
- применение литых заготовок, полученных машинной формовкой, в оболочковые формы, в металлические формы, под давлением, а также центробежным литьем и по методу выплавляемых моделей;
- применение фасонного, профильного и периодического проката.

Использование таких прогрессивных заготовок дает возможность исключить обработку на станках лезвийным инструментом и ограничить обработку деталей только шлифованием.

В крупносерийном и массовом производстве широко применяются специальные и специализированные станки, а в некоторых случаях универсальные и агрегатные станки, настроенные только на определенные операции, с применением автоматических остановов и механизированных зажимных устройств.

Основным видом оборудования являются станки с автоматическим и полуавтоматическим циклом работы. Широко используются автоматические линии.

Среди других особенностей необходимо отметить следующие:

- применение многолезвийного и наборного инструмента;
- применение быстродействующих пневматических, гидравлических, электрических и других механизированных зажимов;
- использование приспособлений для непрерывной обработки;
- широкое применение вертикально-протяжных станков для обработки плоскостей средних и мелких деталей;
- использование специальных горизонтально-протяжных станков для обработки плоскостей разъема крупных деталей типа "блока моторов";
- применение агрегатно-расточных и сверлильно-нарезных станков с большими силовыми головками для сверления, расточки и нарезания резьб в корпусных деталях;
- применение многоместной обработки корпусных и плоскостных деталей на многошпиндельных и многосуппортных продольно-фрезерных, строгальных, карусельных и шлифовальных станках.

Численность производственных (основных) рабочих-станочников определяют расчетом по трудоемкости или по количеству станков, принятому в проекте, а разметчиков и слесарей межоперационной сборки принимают в процентном отношении от основных рабочих-станочников.

Для определения грузооборота по цеху необходимо выявить потребность в основных и вспомогательных материалах, заготовках, комплектующих узлах.

Годовую потребность в основных материалах заготовках определяют по данным расцеховочных ведомостей при проектировании по точной программе или по данным проектов и (или) практическим данным заводов по выпуску аналогичных изделий. Получение комплектующих изделий, а также деталей и заготовок по кооперации должно быть указано в задании на проектирование.

В связи с тем, что вспомогательные материалы занимают небольшой удельный вес в общем грузообороте цеха, их обычно учитывают не по каждому цеху, а при расчете общезаводского складского хозяйства. Потребность вспомогательных материалов определяют по нормативам расхода на один станок или на одного основного рабочего.

Грузооборотом обязательно учитывают также все отходы производства.

Площадь механического цеха по своему назначению делится на производственную, вспомогательную и служебно-бытовых помещений.

К *производственной площади* относится площадь, занятая станками, верстаками и стендами межоперационной сборки, проходами и проездами между рядами станков (не магистральных), складами заготовок у станков, склизами, рольгангами и другим транспортным оборудованием.

К *вспомогательной площади* относятся площади, занятые вспомогательными службами: ремонтным, инструментальным хозяйствами, складами и кладовыми и другими вспомогательными службами, а также магистральными проездами, обслуживающими разные цехи и отделения.

К *площади служебно-бытовых помещений* относятся площади, занятые раздевалками, душевыми, санитарными узлами, пунктом медицинской помощи, а также площадь, занимаемая администрацией цеха и другими техническими и коиторскими службами по обслуживанию производства.

При технологических расчетах учитывают только производственную и вспомогательную площади.

Сумма производственной и вспомогательной площадей является технологической площадью цеха.

Основным показателем по определению площади цеха является удельная общая площадь, приходящаяся на один производственный станок.

Величина удельных площадей зависит от характера производств, габаритных размеров принимаемого оборудования, а также особенностей планировки. Эти показатели для укрупненных расчетов принимают по данным выполненных проектов для аналогичных производств.

К вспомогательным службам относятся: инструментальное, ремонтное и складское хозяйства, эмульсионное и масляное хозяйства, службы по сбору и переработке отходов, контрольная служба.

Перечисленные службы предусматривают полностью или исключают из состава цеха и кооперируют с другими цехами.

Инструментальное отделение в своем составе имеет инструментально-раздаточную кладовую, кладовую приспособлений и абразивов, контрольно-проверочный пункт, заточное отделение и мастерскую по ремонту приспособлений и инструмента.

Инструментально-раздаточная кладовая предназначена для хранения, выдачи и проверки инструмента. Инструмент, поступающий с рабочих мест, до его укладки в стеллажи подвергается проверке силами и средствами контрольно-проверочного пункта, после чего в зависимости от технического состояния его укладывают в стеллажи или направляют на переточку и ремонт.

Проверка эталонов, а также точного и сложного инструмента и приспособлений осуществляется в центральной измерительной лаборатории.

Кладовая абразивов предусматривается при наличии в цехе шлифовальных, заточных или полировальных станков.

В небольших цехах кладовые инструментального хозяйства объединяют.

Заточное отделение занимается эксплуатационной переточкой режущего инструмента, за исключением сложного и точного (фасонных резцов, червячных фрез, протяжек и т.п.), который затачивают либо в инструментальном цехе завода, либо при достаточной загрузке оборудования заточку указанного инструмента организуют в производственном цехе.

Мастерская по ремонту приспособлений и инструмента предназначена для производ-

ства несложного текущего ремонта приспособлений и инструмента.

В состав ремонтного отделения входит мастерская (ремонтная база), предназначенная для межремонтного обслуживания и производства отдельных видов ремонта.

Для небольших цехов ремонтные базы не предусматриваются. Их обслуживают корпусные базы или ремонтно-механические цехи завода.

Складское хозяйство состоит из комплекса складов, необходимых для обеспечения нормального хода производства. Сюда относятся склады металла, заготовок и полуфабрикатов, межоперационные склады, склады готовых деталей. Величина их зависит от характера и масштаба производства.

В единичном, мелкосерийном и серийном производстве цеховой склад заготовок и полуфабрикатов предназначен для хранения определенного запаса. Эти склады обычно располагают в начале пролетов в соответствии с обрабатываемыми деталями. Чтобы не занимать производственную площадь под склады, при механических цехах предусматривают специальные эстакады, где и размещают склад заготовок и полуфабрикатов.

В механических цехах при наличии эстакады предусматривают площадки для хранения минимального запаса (2...3 дня), которые должны быть использованы для того, чтобы выдерживать в цехе крупные детали для доведения их температуры в зимнее время до температуры цеха.

Для цехов массового и крупносерийного производства предусматривают складские площадки в начале поточной линии.

По условиям непрерывности процессов большое количество материалов доставляют непосредственно к линиям механической обработки, минуя промежуточное складирование.

На современных автомобильных заводах складирование заготовок и материалов осуществляется в стандартной таре, которая транспортируется автопогрузчиками или подвесными толкающими конвейерами.

Для механизации складских работ даже в условиях мелкосерийного производства нашли широкое применение краны-штабелеры.

В механообрабатывающем производстве достаточно широко применяются системы приготовления, подачи и очистки смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ).

Характеристика смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). СОЖ подразделяются на четыре основные группы:

- водные растворы (сода, нитрита натрия и пр.);
- эмульсии на водной основе;
- масла;
- светлые нефтепродукты (керосин, дизельное топливо).

В соответствии с охлаждающей и смазывающей способностью определяются и области применения указанных выше групп жидкостей.

Эмульсии дают возможность регулировать состав охлаждающей жидкости, повышая в зависимости от потребности его смазывающие или охлаждающие свойства.

Масла (минеральные, компаундированные) применяют при различных видах обработки резанием (кроме шлифования), главным образом на чистовых операциях.

Особенно широкое применение получили минеральные масла при обработке на токарных автоматах, резьбо- и зубообрабатывающих станках, протяжных станках, на операциях развертывания и глубокого сверления.

Установки охлаждения станочного оборудования, как правило, входили в комплект станков. Такие системы оправдывали себя для универсального станочного оборудования, которое характеризуется невысокой производительностью и малыми скоростями обработки.

На современных заводах автомобильной промышленности нашли широкое применение циркуляционные установки для охлаждающих жидкостей, которые обслуживают несколько автоматических линий, либо большую группу станков.

Такие циркуляционные установки характеризуются наличием насосного оборудования и напорных трубопроводов для подачи охлаждающих эмульсий в зону резания. Для отвода отработавших эмульсий предусматриваются сливные системы, как правило, лоткового типа. Слив осуществляется в емкости, устанавливаемые в подвальных помещениях. Предъявляются высокие требования к чистоте охлаждающей эмульсии. Для токарных операций эмульсия очищается (фильтруется) от механических примесей. Отработавшие (загрязненные) эмульсии используются многократно после тщательной фильтрации.

Комплексно с системами для подачи и фильтрации охлаждающих эмульсий решаются системы стружкоудаления с применением кон-

вейеров различных типов (пластинчатый, скребковый, винтовой и т.п.).

Системы охлаждения и стружкоудаления в современных цехах занимают значительные площади (до 10 % от производственной).

Несмотря на внедрение в настоящее время новых, более экономичных методов изготовления деталей машин (точное литье по выплавляемым моделям, под давлением, в металлические и оболочковые формы, точная штамповка и прессование, новые методы прокатки металла, горячая и холодная накатка зубчатых колес и т.д.), интенсивность стружкообразования на современных машиностроительных заводах довольно велика.

Количество образующейся стружки определяют при разработке технологического процесса для каждого наименования детали как разность между массой заготовки и массой детали.

Классификация металлической стружки приведена в табл. 1.5.1.

Для обеспечения удовлетворительного отвода стружки из зоны резания и дальнейшей ее транспортировки при работе на универсальном и автоматическом оборудовании необходимо получать безопасную для рабочего и удобную для транспортировки стружку с помощью уступов различной формы (лунки и порожки) на передней грани резца; специально подобранной формы режущей части инструмента; напаянными и накладными стружколомами; прерывистым (периодическим) и вибрационным резанием.

Стружка из станка удаляется вручную, механическим или пневматическим транспортом.

Вручную из станков стружку удаляют с помощью крючков, скребков, совков и щеток. Встроенные в станки транспортеры позволяют эту операцию механизировать.

Одновинтовые транспортеры хорошо удаляют мелкую дробленую стружку, как сухую, так и смоченную маслом или эмульсией. Для удаления стальной выюнковой стружки применяют двухвинтовые транспортеры. Вибрационные транспортеры хорошо удаляют сыпучую, хуже – выюнковую стружку, так как силы трения и сцепления стружки с неподвижными частями станков оказываются зачастую выше тяговой силы на лотке виброконвейера. Винтовые и вибрационные транспортеры можно устанавливать горизонтально и наклонно.

1.5.1. Классификация металлической стружки

Вид стружки	Оборудование, на котором образуется стружка данного вида
Чугунная Элементообразная (мелкая крошка, кусочки)	Все виды металлорежущих станков
Стальная Элементообразная (мелкая крошка, кусочки, высечка) Элементообразная в виде винтов, нагартованная Автоматный жгутик Мелкий и средний выюн сечением 20...30 мм ² Крупный выюн сечением 40...60 мм ² Саблеобразная с однослойными витками	Фрезерные, протяжные, зубообрабатывающие и строгальные станки; дисковые пилы, долбежные и холодновысачочные автоматы Токарные, карусельные, револьверные и другие станки при силовом резании Токарные автоматы, полуавтоматы, револьверные станки Сверлильные, револьверные, токарные, карусельные, расточные и строгальные станки Крупные токарные и карусельные станки
Цветная разиых марок Элементообразная (мелкая крошка, кусочки, высечка) Выюн	Фрезерные, протяжные, зубообрабатывающие и строгальные станки; дисковые пилы, долбежные и холодновысачочные автоматы Токарные, карусельные, револьверные, сверлильные станки; токарные автоматы и др.

Пластинчатые транспортеры с закрытым шарниром типа "дверная петля" обеспечивают хорошее удаление сырой и сухой стружки от любых станков.

Пневматическим транспортом удаляются элементообразная металлическая стружка, неметаллическая стружка и стружка с мелкими кусочками материала.

Существуют всасывающие, нагнетательные и комбинированные (всасывающе-нагнетательные) устройства для пневматической транспортировки стружки. Наибольшее применение находят пневматические установки всасывающего типа, основанные на создании разрежения. Этот способ с технической и санитарной точек зрения является наиболее прогрессивным. Пневматические устройства состоят из пылестружкоприемника, воздухопровода, вентилятора, стружкоотделителя (циклона) и пылеотделителя (фильтра). Применение пневматических устройств с различными кон- струкциями стружкоприемников позволяет надежно отводить стружку и пыль из зоны обработки и обеспечивает повышение долговечности станков, механизмов, аппаратуры,

класса чистоты обрабатываемых поверхностей деталей, снижение запыленности помещения и производственного травматизма.

Для транспортировки стружки от станков используются следующие системы транспортировки стружки:

- автоматизированная, с применением средств непрерывного транспорта с помощью линейных и магистральных конвейеров;

- механизированная, с использованием ручного труда, средств малой механизации и колесного транспорта, с транспортировкой стружки в контейнерах, ящиках, на тележках;

- комбинированная, когда установлены только магистральные конвейеры, а удаление стружки от станков производится вручную, либо когда установлены линейные конвейеры, которыми стружка передается в тару, расположенную в конце линии, а тара вывозится из цеха колесным транспортом.

Выбор той или иной системы удаления стружки зависит от вида производства, марок обрабатываемого металла, вида стружки, ее количества и площади, на которой она образуется. Выбор системы уборки стружки опреде-

ляется прежде всего экономическими факторами. Система непрерывной уборки требует значительных затрат, состоящих из стоимости конвейеров, непроходных каналов и проходных тоннелей и затрат на их содержание и т.д. Поэтому в небольших цехах, особенно мелкосерийного и серийного производства, с разнотипной стружкой, которую нельзя смешивать, экономически более целесообразно удалять стружку из цехов механизированными средствами. В этом случае стружка, удаляемая от станков вручную или транспортерами, встроенными в станки, собирается в ящики, контейнеры, которые по мере заполнения вывозятся из цеха средствами безрельсового транспорта. При этом тара устанавливается в пролетах цехов с таким расчетом, чтобы производственные или подсобные рабочие могли сыпать в них стружку, собираемую совками или в небольшие ящики, от нескольких станков.

Кроме того, это позволяет разделять стружку по маркам металлов.

Наличие в цехах разветвленной конвейерной системы уборки и транспортировки стружки не исключает применения тары для сбора стружки из металлов отдельных марок, образующейся в небольших количествах.

Основные принципиальные решения по механизации сбора и транспортирования стружки в корпусе (цехе, участке и т.д.) должны разрабатываться одновременно с компоновкой корпуса (цеха, участка) с учетом следующих основных требований.

Группировка станков:

- по видам обрабатываемых материалов (чугунных, стальных, алюминиевых и т.д.);
- по технологическому принципу;
- по групповому принципу (группы токарных, фрезерных, сверлильных станков и т.д.);
- по принципу максимума и минимума стружки, получаемой в результате обработки.

Расположение линейных конвейеров для стружки одной группы с тыльной стороны линии станков.

Концентрация в одном месте станков, дающих наибольшие количества стружки.

Максимальное приближение к участкам переработки технологических линий, на которых образуется витая стружка.

Максимальное приближение к технологическому оборудованию транспортных систем.

Наличие в линиях (участках) места для установки приводных станций конвейеров для удаления стружки и коробов для ее сбора, а также места для дробления стальной стружки.

Не располагать в месте прохода системы удаления стружки станки, требующие установки индивидуальных фундаментов.

Технологию подготовки и переработки стружки принимают в зависимости от материала стружки и ее состояния (сырая или сухая, дробленая или витая).

В решениях участков переработки стружки принимают следующую последовательность технологических операций:

- стальная витая стружка – дробление, обезжиривание и брикетирование;
- стальная мелкая стружка – обезжиривание и брикетирование;
- чугунная сухая стружка – грохочение и брикетирование;
- чугунная сырая стружка – грохочение, обезжиривание и брикетирование;
- цветная мелкая стружка – грохочение, магнитная сепарация и брикетирование.

Для сырой цветной стружки необходимо предусматривать обезжиривание. Стружка из высоколегированной стали, в том числе быстрорежущей и инструментальной, подвергается только дроблению и обезжириванию.

Организация переработки стружки строится по следующим схемам.

Централизованная система принимается при наличии на заводе нескольких механообрабатывающих цехов с небольшим выходом стружки в каждом из них. В этом случае предусматривается комплексная общезаводская установка для выполнения операций грохочения, дробления, обезжиривания и брикетирования стружки.

Децентрализованная система принимается для заводов с крупными механообрабатывающими цехами, имеющими большой выход стружки в каждом отдельном цехе. В этом случае предусматриваются комплексные цеховые участки соответствующей мощности при каждом цехе.

Смешанная система: операции подготовки стружки для брикетирования (дробление и обезжиривание) выполняются непосредственно в цехах, а брикетирование – на едином общезаводском участке.

На крупных машиностроительных заводах, имеющих собственные литейные цехи, оборудованные индукционными или дугowymi электропечами, целесообразно всю чугунную и стальную стружку из углеродистой стали использовать в качестве шихты, заменив ею покупной лом и чушковый литейный чугун.

При этом возможны два способа подготовки и переработки стружки

1) чугунная стружка перед загрузкой в плавильные печи проходит сушку в литейном цехе. Стальная стружка проходит операции дробления и обезжиривания в механообрабатывающих цехах, после чего поступает в литейные цехи,

2) чугунная и стальная предварительно дробленая стружка поступает на общезаводской участок, где просушивается и переплавляется в индукционных печах. Полученный металл поступает в литейные цехи

Выбор способа подготовки стружки определяется экономическими факторами

Цеховые участки сбора и переработки стружки наиболее рационально располагать у наружной стены здания, вблизи от выезда из корпуса, либо предусматривать въезд с улицы непосредственно. Это позволяет изолировать участок от механообрабатывающего производства и облегчает отправку брикетов или стружки россыпью безрельсовым транспортом

Общезаводские участки переработки стружки можно располагать в скрапоразделочных цехах, складах шихтовых материалов литейных цехов, либо в отдельно стоящих зданиях с возможностью устройства подвалов

Все технологические процессы на участках должны быть механизированы и автоматизированы. Межоперационные передачи осуществляются цепными ковшовыми элеваторами, пластинчатыми конвейерами, инерционными и скребковыми конвейерами

Благодаря применению автоматического и непрерывно действующего технологического оборудования (грохоты, стружкодробилки, центрифуги, брикет-прессы и т.п.) участки могут работать по непрерывному автоматическому циклу. Управление механизмами участков должно осуществляться с центрального пульта. Все механизмы участка, работающие в одном потоке, должны иметь электроблокировку, а при непрерывной конвейерной системе подачи стружки должна предусматриваться общая система блокировки всех механизмов, входящих в систему

1.5.3. СБОРОЧНО-СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение. Среди конструкций неразъемных соединений в машиностроении преобладают сварные и паяные соединения узлов и подузлов (сборочных единиц), из которых собирают изделия машины, механизмы, при-

боры и т.п. – товарную продукцию, составляющую валовой выпуск завода

Упрощая понятие "изделие", будем в дальнейшем называть этим словом сварные узлы, выпускаемые сварочным цехом, линией и сборочно-сварочным станком или машиной и являющиеся только полуфабрикатом. Сварной узел-изделие может состоять из нескольких входящих в него подузлов первого, второго, ..., *n*-го порядка

Объем сварочных работ, выполняемых в изделиях различного типа, число работающих, а также производственная площадь определяют организационный признак подразделений сварочного производства: сборочно-сварочный цех, сборочно-сварочное отделение, сборочно-сварочный участок

Сварочные цехи классифицируют

– по *серийности* – цехи массового и крупносерийного, серийного, мелкосерийного и единичного производства,

– по *предметному принципу* – например, цех сборки-сварки кузовов, цех сварки узлов шасси, цех сварки котлов, цистерн, цех сварки вагонных тележек, рамный, каркасный и т.п.,

– по *технологическому принципу* – цех узловых сборки, цех общей сборки

Отнести сварочное производство к тому или иному организационному подразделению можно по объемам сварочных и сопутствующих работ, по количеству работающих и по размеру занимаемой производственной площади

При больших объемах сварочных работ, например, в производстве изделий тяжелого машиностроения с единичным и мелкосерийным производством, сборочно-сварочное производство может быть выделено в самостоятельный корпус с подразделениями

основного производственного назначения – заготовительные цехи (отделения, участки) для раскроя, правки, очистки и т.п. обработки листового проката, обрабатывающие цехи (отделения) для изготовления деталей под сборку и сварку методом штамповки, вальцовки, механической обработки кромок и комплектации деталей, цехи сборки-сварки для изготовления подузлов изделия различными методами сварки с последующей обработкой швов и правкой сварных конструкций, термические цехи (отделения, участки) для снятия внутренних напряжений в сварных узлах, а также для термообработки

отдельных деталей, отделочные цехи (отделения, участки) для окраски и гальванической обработки сварных узлов, цехи общей сборки, испытаний и сдачи (маркировки, упаковки) изделий в целом,

вспомогательные службы и склады — ремонтно-инструментальный цех по изготовлению нестандартизированного оборудования, средств механизации и автоматизации, инструментов, приспособлений и капитального ремонта оборудования, службы — механика, энергетика, наладки, ремонта приспособлений, осуществляющие текущий ремонт, обслуживание и наладку сварочного и иного оборудования цеха, склады металла, деталей, полуфабрикатов, комплектующих и покупных узлов готовой продукции, кладовые приспособлений, контрольно-измерительной оснастки, вспомогательных материалов, инструментально-раздаточная кладовая,

обслуживающие и бытовые подразделения — сектор технического контроля и мастерская для настройки и наладки контрольно-измерительной оснастки, диспетчерская, транспортная служба, хозяйственная служба, бытовые и конторские помещения

В зависимости от типа производства сварочные цехи могут формироваться следующим образом

при единичном и мелкосерийном производстве — главным образом, по технологическому принципу отделения (участки) контактной, дуговой сварки, отделение пайки, где сваривают узлы разнообразной номенклатуры,

при массовом и крупносерийном производстве — по предметно-замкнутому принципу с общим производственным потоком, предусматривающим в одном потоке последовательное выполнение разнохарактерных технологических операций (в том числе и сварочных) При этом широко используются поточные механизированные и автоматические линии Сварочные участки или цехи могут быть организованы и в блоках механосборочных цехов, когда отдельные изделия перед механической обработкой и поступлением на узловую или общую сборку приобретают предварительное формообразование и требуемые физические свойства путем большого объема сварки, наплавки, пайки и т.п. В таких цехах формируют отделения (участки) сварки "разных узлов", узловой сборки-сварки крупных подузлов, общей сборки-сварки узлов-изделий,

при серийном производстве — по смешанному принципу помимо отделений или участков, организованных по технологическому принципу, для производства отдельных крупносерийных представителей применяют предметный принцип с групповой поточной организацией труда

Годовой выпуск изделий в штуках или тоннах определяется производственной программой

По степени точности и определенности программы делятся на условную, приведенную и точную (детальную)

Точная программа задается для крупносерийного и массового производства

Приведенная программа применяется с целью уменьшения объема и сроков проектирования сварочного цеха с мелкосерийным и серийным производством

Условная программа применяется для проектирования сварочных цехов с единичным и мелкосерийным производством, когда нет определенной характеристики свариваемых изделий, а их номенклатура условна

Для выбора представителя необходимы следующие условия вся необходимая документация (чертежи, технические условия, спецификация), представитель должен иметь все основные технологические и конструктивные черты данной группы изделий, по массе представитель не должен отличаться вдвое от наиболее легкого или тяжелого изделия группы, т.е. представитель должен иметь наибольший удельный вес в заданной программе

Технологические решения. *Вспомогательное и комплектующее оборудование (узлы)* К этим видам оборудования относятся покупные устройства и узлы, встраиваемые в нестандартизированное оборудование или применяемые непосредственно как самостоятельные единицы в поточном производстве или на рабочих местах мелкосерийных участков сварочных цехов устройства для формирования сварочных швов (флюсовые подушки, металлические подкладки, флюсоудерживающие приспособления), флюсоаппараты (всасывающей, нагнетательной и смешанной систем, элеваторы для флюса), устройства для подачи защитных газов (подогреватели газа, редукционные и отсекающие клапаны, осушители газа, расходомеры газа), для зачистки кромок и швов (вибрационные коркоотделители и гра-

тосниматели); прочие: плиты, устройства для правки, местные переносные газоотсосы, электрододержатели, токоподводы, тележки для проводов, указатели швов в труднодоступных местах, станки для зачистки и перемотки электродной проволоки в кассеты.

Основное нестандартизированное оборудование. К нему относятся крупные сборочные стенды, главные кондукторы и стапели, кантователи и манипуляторы. Сборочно-сварочные стенды предназначены для сборки и сварки (прихватки) крупных пространственно-сложных изделий в стационарном положении (например, кабин грузового автомобиля); выполнены в виде портала или двух-четырёхстоечных каркасов с элементами фиксации и крепления базовой части изделия (базового подузла) на нижней плите или на подъёмном столе (приспособлении), а на поворотных консолях или подузлах каркаса или портала закреплены шаблоны или приспособления для точного ориентирования и крепления боковых и верхних частей изделия в пространстве относительно базовой его части.

Главные кондукторы предназначены для окончательного формирования геометрической основы крупного пространственно-сложного изделия (например, каркаса или кузова в целом легкового автомобиля, автобуса, вагона). Как правило, главный кондуктор выполняют с открытым верхом для установки сверху подузлов изделия (например, пола в сборе, боковин, передней и задней частей и крыши кузова легкового автомобиля). В массовом производстве главный кондуктор может быть оснащён встроенным основным сварочным оборудованием (сварочными клещами, пистолетами и трансформаторами), которое работает автоматически после окончания под сборки узлов.

Стапели применяют для обеспечения возможности вести сборку каркасов и обшивки судов, фюзеляжей летательных аппаратов, нецилиндрических резервуаров и т.п., изделий многометровой высоты и длины.

Многоэлектродные (многоточечные) машины классифицируют по следующим признакам:

по участию в поточном производстве: отдельно стоящие (не связанные с другими рабочими местами единым транспортным ус-

ройством); машины в линиях (предназначенные для автоматических или полуавтоматических линий);

по количеству сварочных трансформаторов: с одним или несколькими трансформаторами, многократно включаемыми в каждом цикле;

по считываемому устройству, пересчитывающим масштаб чертежа, с работой по записи на магнитной или перфорированной ленте (считываемой через дешифратор счётно-решающего устройства);

по конструкции: одно- или двухконсольные и порталные.

Оборудование для пайки классифицируют по следующим видам:

печи по виду пайки: с применением флюсов, с контролируемой атмосферой, вакуумные (с контейнерной пайкой или футерованные);

по конструкции: камерные, с роликовым подом, с ленточным конвейером, шахтные, колпачковые, элеваторные.

Оборудование для пайки и лужения в жидких средах (ванны): для погружения в расплавы солей, для погружения в расплавленные флюсы.

Оборудование для пайки с электрическим нагревом: для пайки с индукционным нагревом, с контактным нагревом, с нагревом электрической дугой.

Оборудование для пайки ультразвуковыми паяльниками.

Оборудование для пайки с радиационным нагревом (кварцевыми лампами).

Оборудование для специальных видов сварки: прессы для склейки металлических деталей со стеклом, керамикой и т.п., прессы для сварки термопластов (например, обивки сидений).

Электронно-лучевые установки: с высоким вакуумом – для сварки трудносвариваемых тугоплавких металлов и сплавов, с низким вакуумом – для сварки деталей двигателей внутреннего сгорания, с непрерывной откачкой воздуха из открытой сварочной камеры.

Диффузионные установки – для сварки точных инструментов.

Лазерные установки – для микросварки, а также для получения особо точных сварных узлов (например, кузовов легковых автомобилей) и для резки.

Дополнительное оборудование: перепускные (распределительные) рампы для газовых постов; установки для получения контролируемых атмосфер к оборудованию для пайки; вакуумные установки и приборы; генераторы ТВЧ и др.

В сборочно-сварочном производстве широко применяются механизированные и автоматизированные поточные линии сборки и сварки, которые классифицируются следующим образом:

- по степени синхронизации операций: прямоточные (прерывно-поточные) с неполной синхронизацией операций (с гибким ритмом), непрерывно-поточные с полной синхронизацией операций (с жестким ритмом);

- по степени непрерывности технологического процесса: с дискретным технологическим процессом (поштучная подача, сборка, сварка и обработка заготовок и полуфабрикатов), с непрерывным технологическим процессом (непрерывная подача, сборка, сварка и обработка полосы, ленты, проволоки);

- по степени механизации и автоматизации: механизированные поточные, комплексно-механизированные, полуавтоматические, автоматические, комплексно-автоматизированные линии, участки, цехи, производства);

- по схеме транспортировки изделий: без транспортировки (стационарные непрерывно-поточные линии), со сквозной схемой (без перестановок изделий), с несквозной схемой (с перестановками изделий);

- по числу потоков в линии: однопоточные с последовательным или параллельным агрегатированием позиций без изготовления или с изготовлением подузлов изделия, многопоточные со смешанным агрегатированием позиций;

- по типу транспортной связи между позициями линии: с жесткой связью (без заделов), с гибкой связью – с заделами между позициями или между жесткими участками линии;

- по возможности переналадки на разные типы изделий: однопредметные (массово-поточные), переналаживаемые, многопредметные или многономенклатурные (серийно-поточные) – переналаживаемые и переналаживаемые;

- по типу межоперационного транспорта: с универсальным транспортом, со специализированным шаговым транспортом, с распределительным конвейером, с рабочим кон-

вейером, с конвейером толкающего типа, ро-торного типа.

Основные схемы поточных сборочно-сварочных линий:

- *сквозная* схема требует применения специализированного оборудования и оснастки, способных пропускать сквозь себя транспортное устройство с изделием. Это позволяет избежать непроизводительных потерь времени, связанных с перестановкой изделия с главного транспортера к рабочему месту;

- *несквозная* схема – переход на новый тип изделий в таких линиях намного упрощается по сравнению со сквозной схемой, требующей для этого, как правило, полной замены всей линии. Транспортная система автоматических линий в этой схеме требует применения механических рук или автооператоров на каждой рабочей позиции для перестановки изделий с главного транспортера и их возвращения обратно.

Многопредметные (серийно-поточные) линии. Непереналаживаемые переменнo-поточные линии – запуск однотипных изделий осуществляется партионно-последовательно без переналадки основного и вспомогательного оборудования и оснастки (например, в производстве обечаек одинаковой длины, но разных диаметров, или, наоборот – при приварке днищ к обечайкам одинакового диаметра, но разной длины).

Если же на аналогичной линии одновременно идет изготовление на разных местах изделий разного типоразмера, то такую линию называют переналаживаемой групповой линией (с групповым потоком). Такие линии могут работать без переналадки только за счет неизменности режимов сварки (и другой обработки) изделий, отличающихся между собой по размеру, не влияющему на продолжительность операций, выполняемых на линии, и на положение ориентирующей и крепежной оснастки на рабочих местах.

Переналаживаемые переменнo-поточные линии необходимы в том случае, когда за одной линией закрепляют разнотипные изделия с одинаковой маршрутной технологией, но отличающиеся режимом сварки и обработки. Отличия в геометрии таких изделий весьма существенны, но не настолько, чтобы оснастку и оборудование нельзя было быстро переналадить на партию изделий другого наименования. Групповой поток в таких линиях невозможен.

В этих линиях, как и на штамповочных прессах, в сварочных машинах с левой и правой стороны предусматриваются пути для предварительной установки на тележках сварочных "штампов". Такой штамп включает в себя сварочные трансформаторы, пистолеты, отрезки направляющих для шагово-балочного транспортера грейферного типа и другие приспособления для фиксации изделия и подвода охлаждающей воды.

Для определения расхода электроэнергии указывается установленная мощность токоприемников – двигателей (кВт) и сварочных трансформаторов (кВ · А).

При использовании многоточечных сварочных машин с пневмоприводом для создания сварочного давления применяют повышенное давление сжатого воздуха от индивидуальных или цеховых центральных компрессоров дожатия. Сжатый воздух перед подачей и цеховую сеть подвергают осушке в холодильных установках.

Централизованное снабжение химически активными (кислород, ацетилен, пропан-бутан, природный газ) и защитными газами (углекислый газ, азот, аргон) экономически целесообразно, когда число сварочных постов более 10, и они расположены в крупном цехе компактной группой.

При централизованном снабжении рампы с баллонами сжатых и сжиженных газов располагают в изолированных пристройках к цеху или в отдельных зданиях.

Типовые или специальные станции газоснабжения предусматривают в проекте только при отсутствии источника снабжения баллонами.

Сварочный инструмент – это мундштуки для дуговой и газовой сварки, бронзовые электроды и губки для контактной электросварки; рабочие элементы сварочных машин, замена которых осуществляется через инструментально-раздаточную кладовую сварочного цеха.

Механизированный инструмент – это ручные машины, содержащие механический привод: электро- или пневмодрели, гайковерты, зачистные машины, сварочные пневмодили гидроклещи, распорные пистолеты для точечной сварки; горелки для газовой и газодуговой сварки (резки), оснащенные устройствами для включения сварочных аппаратов и являющиеся составной частью сварочных полуавтоматов.

Сборочно-сварочные приспособления: шаблоны, кондукторы, контрольные приспособления;

приспособления для ремонта узлов, комплектующих сварочное и иное оборудование.

Проектом предусматривают только первичное оснащение сварочного цеха приспособлениями и инструментом, т.е. только один комплект сборочных, сварочных и контрольных приспособлений и инструмента, составляющих их начальный фонд, в который включают:

при последовательном агрегатировании операций на каждое рабочее место по одному приспособлению;

при параллельном агрегатировании операций – также по одному приспособлению на каждое из параллельных рабочих мест;

при закреплении за одной сварочной машиной, рельефным прессом, точечной, роликовой и стыковой машинами нескольких сварочных узлов – комплект приспособлений (наладок), соответствующий числу операций, закрепленных за сварочной машиной;

комплект инструментов на каждого производственного рабочего для сборки и зачистки сварного узла.

Если в первых трех случаях количество приспособлений начального фонда определяется маршрутной технологией, то комплект инструментов на одного производственного рабочего принимается в стоимостном выражении (сварщика дуговой сварки, сварщика газодуговой сварки, газосварщика, сварщика контактной сварки, слесаря-сборщика, слесаря-рихтовщика).

Стоимостная единица затрат на инструмент определяется сметными нормами, действующими в период разработки проекта.

Начальный фонд приспособлений и инструмента определяется по ведомости маршрутного технологического процесса. Годовая потребность в инструментах и приспособлениях укрупненно может быть определена в зависимости от размера годового выпуска.

На случай неожиданного выхода из строя ответственных приспособлений в массовом производстве предусматривают приспособления-дублиеры.

Производственный инвентарь: сварочные столы; верстаки; инструментальные шкафчики; шкафы для баллонов со сжатыми газами; емкости для жидкостей и сыпучих материалов; шкафы и стеллажи производственного назначения; устройства, обеспечивающие безопасность работы; кабины для дуговой сварки;

светозащитные щиты; настилы и подставки для удобства работы около сварочного оборудования и сборочных рабочих мест механизированных и автоматических линий; устройства для транспортировки и временного хранения свариваемых деталей или подузлов – обменная тара, захваты, склизы, лотки, желоба, а также различные металлоконструкции для подвешенного механизированного инструмента и оборудования.

Основные материалы: листовой и профильный прокат, трубы, поковки, стальное и цветное литье, т.е. те материалы и заготовки, которые подлежат сварке, а также метизы и покупные узлы, присоединяемые к сварным узлам при общей или узловой сборке изделия.

Из сварочных материалов к основным относят электроды и электродную (присадочную) проволоку для дуговой и газовой сварки и припой, так как они входят в сварные узлы в качестве составной части изделия.

Вспомогательные материалы – это материалы, не входящие в состав сварных узлов и изделий сварочного цеха: флюсы, вольфрамовые и угольные (графитные) электроды, т.е. те материалы, которые расходуют для непосредственного выполнения технологических операций, а также упаковочные, смазочные и обтирочные материалы.

Для изготовления сварных узлов сварочный цех, в основном, получает детали со склада заготовок из проката заготовительного цеха и штамповок из цеха холодной листовой штамповки в условиях массового и крупносерийного производства, а также – стальное литье, поковки и обработанные детали из соответствующих цехов (сталелитейных, кузнечных и механических).

Хранение и транспортировку перечисленных заготовок и деталей осуществляют в оборотной унифицированной или специализированной таре (ящиках, поддонах, контейнерах), которая обеспечивает сохранность качества заготовок и позволяет оперативно разгружать, штабелировать и доставлять к рабочим местам и обратно вилочными погрузчиками.

Связи сварочного цеха с другими цехами завода определяет грузооборот цеха по основным материалам, т.е. баланс металла, деталей и покупных изделий, поступающих в цех, и вывоз из цеха готовых сварных узлов и комплектов изделий.

Если обработка или штамповочные операции осуществляются с образованием отхо-

дов (листовых или в виде стружки), то их вывоз на скрап-базу или на переработку пакетированием листовых отходов должны быть включены отдельными пунктами в баланс по вывозу металла из цеха (корпуса).

Для внутрицеховых и межцеховых перевозок грузов используют безрельсовый колесный транспорт, а также подвесные конвейеры непрерывного действия.

Безрельсовый транспорт – трейлеры и вилочные погрузчики. Из заготовительных цехов детали и заготовки доставляют автопоезда (трейлеры) на промежуточный склад цеха в обменной унифицированной и специальной таре на большегрузных прицепных и полуприцепных платформах и в полуприцепах-фургонах. Для этого главный проезд заглубляют так, чтобы большегрузная платформа или полуприцеп оказались на уровне пола склада (или, наоборот, поднимают уровень пола). В этом случае отпадает надобность в перегрузочной операции. Вилочный погрузчик по выравнивающей площадке сезжает прямо на платформу прицепа и с нее – на пол склада.

Электропогрузчики менее производительны, чем автопогрузчики, однако применение автопогрузчиков в здании цеха не рекомендуется по причине загрязнения воздуха отработавшими газами.

Рельсовый колесный транспорт – мостовые, подвесные и полукосозловые краны, краны-штабелеры и электрические напольные тележки (для передачи грузов из пролета в пролет).

Количество мостовых и подвесных кранов и штабелера рекомендуется из расчета один кран на 60...80 м – в складах металла и готовой продукции; 40...60 м – в заготовительных отделениях при максимальном числе 20 циклов в час.

Для крупносерийного производства составляют график работы рельсового транспорта.

Подвесные конвейеры непрерывного действия – монорельсовые грузонесущие и толкающие конвейеры.

Подвесные конвейеры применяют в сварочных цехах и для межкорпусных и внутрицеховых связей при наличии больших грузопотоков постоянного направления для подачи заготовок, деталей или узлов с заданным ритмом.

1.5.4. СБОРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение. Изделия, предусмотренные программой, распределяются по отдельным сборочным цехам и отделениям по узловому, технологическому или смешанному признаку.

Сборочные работы предусматриваются в едином цехе или распределяются по отдельным цехам в зависимости от характера и масштаба производства.

Сборочные цехи классифицируются по серийности производства, методу производства (поточное и непоточное), максимальной массе транспортируемого узла, а также по классу точности собираемых изделий.

Максимальная масса транспортируемого узла характеризует транспортные средства и технологические возможности цеха.

По точности собираемых изделий сборочные цехи подразделяются на обычные и термоконстантные.

К обычным цехам относятся цехи с работами нормальной и повышенной точности, для которых не требуется специального режима среды помещения (большинство сборочных цехов).

Термоконстантные цехи предназначены для производства работ высокой точности (прецизионное станкостроение, металлургическое машиностроение – для подшипников жидкостного трения, турбостроение – для зубчатых колес высокой степени точности и др.).

К помещениям с термоконстантным режимом предъявляются определенные требования.

В состав сборочного цеха входят: производственные отделения, участки или линии, вспомогательные службы и служебно-бытовые помещения.

К производственным отделениям (или участкам) относятся отделения (участки) узловой и общей сборки, испытания, окраски, консервации и упаковки готовых изделий, предусмотренных программой.

К вспомогательным службам относятся: промежуточные склады деталей и узлов, склад вспомогательных материалов, инструментально-раздаточная кладовая, мастерская цехового механика, экспедиция, склад готовой продукции, а также участки технического контроля.

К служебно-бытовым помещениям относятся помещения для административно-технического персонала, помещения для принятия пищи, гардеробные, умывальные, душевые и др.

Для проектирования сборочного цеха необходимо составить подробную программу, которая представляет собой перечень узлов, подлежащих сборке. Эту программу составляют только для изделий-представителей, кото-

рые должны быть обеспечены необходимыми чертежами и техническими условиями для разработки технологических процессов сборки.

Все расчеты по проектированию сборочных цехов ведутся по точной, приведенной или условной программе.

Проектирование по точной программе ведется преимущественно в условиях крупносерийного и массового производства.

Проектирование сборочных цехов единичного и серийного производства, когда производственная программа цеха состоит из обширной и разнообразной номенклатуры, ведется по приведенной программе, для составления которой производится распределение изделий по группам конструктивной и технологической сложности. По каждой группе намечается изделие-представитель, являющееся наиболее типичным для данной группы, по которому и ведут необходимые расчеты.

При определении изделия-представителя необходимо, чтобы его годовая трудоемкость была преобладающей по сравнению с другими изделиями, входящими в данную группу, которые должны быть близки к изделию-представителю по конструктивным признакам, габаритным размерам и массе.

Для составления приведенной программы все изделия, входящие в данную группу, приравниваются к изделию-представителю с учетом весовых соотношений, серийности программы и сложности сборки.

В единичном и мелкосерийном производстве выпуск запасных частей, как правило, задается не по изделиям, а в целом по цеху (по массе).

В крупносерийном и массовом производстве выпуск запасных частей часто задается по отдельным изделиям.

Технологические решения. Основными организационными формами сборки являются стационарная и подвижная.

Стационарная сборка – изделие полностью собирают на одном рабочем месте, к которому подаются все необходимые детали и узлы. Рабочие места оснащают приспособлениями и инструментами для выполнения определенной операции. Сборку выполняют с разделением или без разделения работ. При разделении работ технологический процесс делится на узловую сборку основных групп и общую сборку изделия. Эти работы выполняются параллельно, и таким образом сокращается продолжительность процесса по сравне-

нию со сборкой без разделения работ. Сборка без разделения работ при большой программе требует значительных площадей, квалифицированных рабочих и дополнительного оборудования.

Подвижная сборка — изделие последовательно перемещается от одного рабочего места к другому. За каждым рабочим местом закреплены определенные операции. Рабочие места оснащены подъемно-транспортным оборудованием и приспособлениями. Перемещение изделий может быть свободным в условиях мелкосерийного производства или принудительным для крупносерийного и массового производства.

Поточная сборка при неподвижном изделии осуществляется на неподвижных рабочих местах, расположенных в линию, а рабочие последовательно переходят с одного рабочего места на другое. Каждый рабочий или бригада рабочих, перемещаясь последовательно по рабочим местам, выполняет одну и ту же операцию.

Поточная сборка с перемещением собираемого изделия наиболее распространена и осуществляется в следующих вариантах.

Собираемое изделие передается от одного рабочего места к другому вручную, по верстаку, рольгангу или при помощи тележек, перемещаемых вручную по безрельсовому или рельсовому пути. Этот вариант применяют при сборке легких изделий (приборы, аппараты и др.). Но и в этом случае стараются передачу осуществлять при помощи механических транспортных устройств, предназначенных исключительно для межоперационного перемещения собираемых изделий.

Сборка изделий осуществляется на конвейере, движущемся с периодическими остановками, в процессе которых рабочие выполняют одни и те же операции на постоянных местах.

По такому варианту собирают станки, дизельные двигатели и другие подобные изделия с использованием шагающих конвейеров.

Изделие (или узел) собирают на непрерывно движущемся конвейере. Конвейер работает с определенной скоростью, обеспечивающей возможность выполнения сборочных операций в пределах каждого рабочего места.

Для крупносерийного и массового производства наиболее совершенной формой сборочных работ является поточная сборка на конвейере с принудительным движением изде-

лия. При серийном многономенклатурном производстве применяются конвейеры со свободным движением собираемого изделия и гибкой связью между рабочими местами. В мелкосерийном производстве поточная сборка осуществляется без перемещения самого изделия.

При разработке технологического процесса сборки необходимо учитывать рациональную последовательность и прогрессивные методы сборки, перечень узлов, групп и подгрупп любого порядка с указанием характеристик по массе и габаритным размерам.

Технологический процесс сборочных работ разрабатывают:

- по картам — по операциям и переходам. Процесс расчленяется на элементарные составные части и на отдельные трудовые движения. Такую разработку ведут обычно для массового и крупносерийного производства, т.е. там, где отдельные переходы многократно повторяются;

- по маршрутным ведомостям — укрупненно по операциям, не разделяя на элементарные части-переходы. Такая разработка очень распространена, особенно для единичного и серийного производства.

Технологические процессы прецизионной сборки (точных и особо точных изделий) имеют свою специфику и отличаются от процессов сборки изделий нормальной и повышенной точности. Здесь имеют место двойная узловая сборка, двойной монтаж, шабрение в три этапа и другие особенности. Процессы сборки индивидуальны для изделий каждого типа, но их объединяет принципиальная общая схема сборки.

Наиболее точные результаты по трудоемкости получают тогда, когда технологический процесс разрабатывают по переходам.

Однако, в целях сокращения объема работ обычно ограничиваются разработкой технологического процесса по маршрутным ведомостям, по которым трудоемкость определяют с некоторыми приближениями, достаточными для целей проектирования.

При укрупненных расчетах для определения общей трудоемкости сборочных работ по изделиям пользуются следующими показателями: трудоемкость сборочных работ на 1 т массы изделия; трудоемкость сборочных работ в процентном отношении к трудоемкости механической обработки аналогичных изделий.

Общая трудоемкость сборки машин делится на трудоемкость слесарно-пригоночных работ и общей сборки.

Соотношения составляющих трудоемкости сборки различны в зависимости от характера собираемых изделий и программы производства.

Данные по трудоемкости используют для расчета оборудования, рабочих мест и численности производственных (основных) рабочих.

В состав технологического оборудования сборочного цеха входят прессы, нагревательные устройства, станки для балансировки, оборудование гидравлических установок, клепальные машины, металлорежущие станки, сборочные автоматы и другое оборудование, выполняющее периодически отдельные работы в соответствии с предусмотренным технологическим процессом.

При незначительном объеме работ для сборочного цеха принимают комплект оборудования, необходимый для выполнения технологического процесса.

Число рабочих мест (стендов) для узловой и общей сборки определяют с учетом средней плотности работы (число человек, одновременно работающих за одним рабочим местом).

При работе на верстаках плотность равна 1, а при работе на стендах для узловой и общей сборки плотность составляет 2, 3, 4 и т.д. в зависимости от габаритных размеров, сложности сборки и других особенностей собираемого узла или изделия.

При детальном расчете число рабочих мест определяют по отдельным операциям сборки. В этом случае при расчете учитывают трудоемкость отдельных операций.

В состав производственных рабочих входят слесари по узловой сборке, слесари по монтажу изделий (общей сборке), рабочие по обкатке, испытанию, а также маляры и упаковщики (при соответствующей организации цехов).

Численность рабочих-слесарей сборочного цеха определяют различными методами в зависимости от характера и метода производства.

Для укрупненных расчетов общее число слесарей-сборщиков определяют делением годовой трудоемкости для сборки всех изделий на годовой фонд времени рабочего.

При поточной сборке число рабочих подсчитывают для каждого рабочего места, исходя из трудоемкости и такта работы линии.

К вспомогательным рабочим сборочного цеха относятся крановщики, стропальщики, транспортные и другие рабочие.

При укрупненных расчетах число вспомогательных рабочих по отдельным профессиям не подсчитывают, а определяют в процентах к производственным рабочим.

Сборочный цех территориально следует располагать по возможности в одном здании с механическим цехом крупных деталей.

Площадь цеха по своему назначению делится на производственную, вспомогательную и площадь служебно-бытовых помещений.

К производственной относятся площади, занятые рабочими местами, стендами узловой и общей сборки, оборудованием, проходами, складами деталей и узлов у рабочих мест, рольгангами, конвейерами и другим транспортным оборудованием.

В состав производственной площади сборочного цеха, в зависимости от принятой организации производства, включают участки окраски, консервации и упаковки готовых изделий, если они предусмотрены в составе цеха.

К вспомогательной относятся площади, занятые вспомогательными службами, инструментальным и ремонтным хозяйством, складским хозяйством, магистральными проездами и др.

Площадь служебно-бытовых помещений в технологических расчетах не учитывают.

При укрупненных расчетах общую площадь сборочного цеха принимают в процентах от общей площади соответствующего ему механического цеха либо по удельной площади сборочного цеха на одного рабочего в наибольшей смене.

Величина указанных показателей зависит от характера производства, степени механизации собираемых изделий, и их принимают по фактическим или проектным данным для аналогичных производств.

В состав вспомогательных служб сборочного цеха входят инструментальное, ремонтное и складское хозяйства, а также контрольная служба. Для небольших сборочных цехов самостоятельные ремонтные и инструментальные хозяйства не предусматриваются, а организуются общие с механическими цехами, если они расположены в одном корпусе.

В состав инструментального хозяйства входят инструментально-раздаточная кладовая и кладовая приспособлений, которые обычно объединяют в единую кладовую.

Ремонтное хозяйство обычно объединяют с ремонтным хозяйством механического цеха, и оно обслуживает все цехи, расположенные в данном корпусе.

Заточку слесарного инструмента обычно проектируют в заточном отделении корпуса или механического цеха.

В состав складского хозяйства входят: склад готовых деталей, где производится комплектация по отдельным изделиям; склад готовых узлов; склад покупных и комплектующих изделий.

Технико-экономические показатели являются результатом принятых проектных решений. Для определения степени прогрессивности проекта, полученные технико-экономические показатели сопоставляют с данными аналогичных проектов и фактическими данными действующих отечественных и зарубежных заводов.

Наряду с общепринятыми показателями сборочные цехи имеют свои специфические показатели:

- отношение общей площади сборочного цеха к общей площади соответствующего механического цеха, которым пользуются при укрупненных расчетах;

- удельная площадь на одного рабочего в наибольшую смену;

- отношение трудоемкости 1 т выпуска сборочных цехов к трудоемкости 1 т выпуска механических цехов.

При проектировании механических и сборочных цехов принимают решения, предусматривающие соблюдение правил охраны труда и техники безопасности. К основным из них относятся:

точное соблюдение нормальных расстояний между оборудованием, проходов и проездов;

максимально возможная механизация производственных процессов: автоматические линии, автоматы, полуавтоматы, станки с числовым программным управлением, обрабатывающие центры, станки с бункерной загрузкой, механизированные кантователи тяжелых деталей, а также подъемно-транспортные средства, сокращающие ручной труд и обеспечивающие безопасность работы; механизация стружкоудаления.

При установлении категорий и классов пожаро- и взрывоопасности производств руководствуются соответствующими нормами.

К помещениям с термоконстантным режимом в зависимости от характера и точности выполняемых работ предъявляются технологические требования в части температурного режима, относительной влажности, чистоты

воздуха и компоновочных решений: по температуре, скорости движения воздуха, запыленности воздуха.

Кроме указанных требований, при компоновке термоконстантных производств необходимо руководствоваться следующим:

- помещения с термоконстантным режимом должны иметь минимальное число дверей, ворот и наружных стен;

- помещения с особо строгим режимом должны быть изолированы от наружной стены коридором теплозащиты;

- недопустимо размещение вблизи термоконстантных помещений оборудования, вызывающего вибрацию (компрессоры, молоты и т.д.);

промежуточные кладовые для хранения точных деталей на стадии финишной обработки, склад готовых деталей и комплектующих узлов, а также кладовые инструментов и приспособлений должны размещаться в помещении с термоконстантным режимом.

Цехи (отделения) консервации и упаковки размещаются в одноэтажном здании с вводом железной дороги (для небольших цехов с вводом автомобильного транспорта). Консервация осуществляется на механизированных линиях современными жидкими ингибируемыми маслами, ингибиторами атмосферной коррозии, ингибированной бумагой, полимерными пленками. Барьерная упаковка производится на механизированных линиях в бумагу или в пленку с укладкой в стандартную тару для хранения в высотных стеллажах или многоярусного хранения в таре. Крупногабаритные детали и узлы хранятся на поддонах. Особо крупные изделия консервируются в сборочных цехах по мосту сборки. Высотные стеллажи оборудуются подъемниками, управляемыми операторами или автоматически с помощью вычислительной техники (для крупных цехов). На участках комплектации и отгрузки предусматриваются также механизированные линии упаковки в транспортную тару.

Транспорт для консервации и упаковки в основном напольный – многэтажные тележки, передвигаемые с помощью непрерывно движущейся цепи, уложенной в полу. Широко используют вилочные погрузчики, для небольших отделений – тележки, а для крупных деталей – мостовые краны.

Цех консервации и упаковки рассчитывают, исходя из выпуска основной программы в тоннах. Программу для обработки на участке

консервации рассчитывают по обрабатываемой поверхности, так как все расходные коэффициенты консервационных материалов даны на 1 м² поверхности. За основу всех расчетов производственной программы принимают конструктивно-технологические группы консервируемых и упаковываемых деталей и узлов.

Для участков консервации и упаковки, расположенных на главном конвейере и в слоточном корпусе, программу рассчитывают, исходя из программы выпуска конвейера.

Основные положения по организации производства цеха консервации и упаковки приведены ниже применительно к цеху запасных частей.

Детали и узлы, поступающие в цех из механосборочных цехов завода, должны быть очищены от окалины и ржавчины в цехах-изготовителях. В основу организации производства положен принцип групповой обработки технологически и конструктивно подобных деталей. В соответствии с принятой технологией предусматриваются участки: приемки; перекладки, консервации и барьерной упаковки; хранения; упаковки, скототки и сшивки тары; комплектации и отправки; электронно-вычислительный центр (ЭВЦ) для крупных цехов. Участок приемки – зона, где производится выгрузка поступивших изделий, обслуживается мостовыми кранами-штабелерами с телескопическим грузоподъемником, вилочными погрузчиками, а также мостовыми электрическими кранами (для выгрузки контейнеров). Все изделия поступают в оборотной таре на поддонах. Участок приемки оборудуют стеллажами для мелких и средних деталей. Стеллажи обслуживаются вилочными погрузчиками. Детали на стеллажах хранятся либо в оборотной, либо во внутрицеховой таре.

Мелкие детали передаются на участок консервации путем перекладки в сетчатую тару для консервации и навески на подвесной конвейер.

Участок консервации оборудуют поточными линиями в зависимости от группы деталей, их габаритных размеров и принятых консервационных материалов. Группа полностью механически обработанных деталей, консервируемых в сетчатых корзинах, подвешенных на цепном конвейере, последовательно проходит моечно-сушильные агрегаты и агрегат облива жидкими ингибированными смазками или ванны окунания. После операций подготовки корзины снимаются с конвейера и пода-

ются на рабочие столы, где происходит консервация деталей в ингибированную бумагу. Столы должны быть оборудованы бортовой вытяжной вентиляцией. Детали, частично окрашенные, подготавливают (протирают салфетками, смоченными органическими растворителями) и консервируют на другой поточной линии. Подготовка заключается в протирке. Частичную консервацию выполняют жидкими или консистентными смазками.

Для консервации деталей с применением пленочной консервации выделяют поточные линии с установкой соответствующего оборудования (агрегат окунания в расплавленную массу или распылительная камера).

Отдельно выделяют место для консервации крупногабаритных изделий на потоке или, чаще, индивидуально, размещая изделия на поддонах.

Некоторые цехи консервации (автомобильных, тракторных, комбайновых заводов) должны иметь линию грунтовки – консервации листовых деталей с необходимым для этой цели оборудованием: моечные камеры, камеры грунтовки и сушки.

На участке консервации производится также барьерная упаковка. Поточные линии упаковки являются продолжением линии консервации. В других случаях поточные линии упаковки могут располагаться отдельно от линий консервации. Упаковка производится на столах, соединенных рольгангами. Крупногабаритные детали упаковывают на месте.

Линии оборудуются установками для сварки пленки. После барьерной упаковки изделия укладывают в тару, которая рельсовыми тележками доставляется на участок хранения. Все изделия в зависимости от габаритных размеров и обрабатываемости подразделяются на группы, для каждой из которых требуется определенный тип тары.

Изделия из участков хранения на участок упаковки передаются напольными тележками и подаются на линии упаковки – рольганги. Упаковку в транспортную тару можно производить и на рабочих столах, установленных рядом с рольгангами. Деревянная и картонная тара поступает с участка скототки и сшивки тары.

Число производственных рабочих цеха консервации и упаковки определяют на основании трудоемкости годового выпуска и по рабочим местам обслуживания оборудования.

В состав производственных рабочих входят перекладчики, консерваторщики и упаковщики.

К вспомогательным рабочим относятся наладчики оборудования, транспортные рабочие, кладовщики, грузчики, операторы, учетчики, корректировщики растворов, маляры, маркировщики, сколотчики тары, механики, электрики.

К числу главных мероприятий по технике безопасности и охране труда относятся организация на участках консервации приточно-вытяжной вентиляции и уменьшение шума.

Вентиляторы приточной вентиляции надо размещать в изолированных помещениях, отгороженных капитальными звукоизолирующими стенками, и устанавливать на специальных вибродемпфирующих устройствах.

При определении категории пожаро-взрывобезопасности следует пользоваться соответствующими нормами и методиками.

Здания цехов консервации и упаковки принимают, как правило, одноэтажными. В цех консервации и упаковки вводят железнодорожные пути, автомобильные дороги.

1.5.5. КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение. Кузнечные цехи свободнойковки различаются по серийности, масштабу, характеру производства (универсальные и специализированные) и по установленному оборудованию (прессовые, молотовые и смешанные).

Характеристика цехов по серийности производства: единичное и мелкосерийное, серийное; по масштабу производства: мелкие, средние, крупные.

В цехах единичного и мелкосерийного производства преобладает технологический процесс свободнойковки под молотами и прессами, штамповка в подкладных штампах, а также секционная штамповка.

В большинстве существующих цехов наряду с мелкосерийным имеется серийное производство отдельных поковок.

Производственная программа, на основании которой ведется проектирование цеха, задается для свободнойковки, как правило, в весовом выражении, реже – в виде спецификации поковок с указанием их количества, массы каждойковки и общей массы годового выпуска.

При разработке обоснований и предложений программа задается только в весовом выражении, и все последующие расчеты ведутся укрупненно.

Технологические решения. Состав производственных отделений цеха может быть принят следующим, применительно к конкретной программе и организации производства на заводе: заготовительное; кузнечное, с участками ковочных молотов и прессов; прессовое; термическое, с участками собственно термическим и черновой механической обработки.

Вспомогательные службы кузнечных цехов, как правило, создаются в составе участков текущего ремонта оборудования и средств механизации, ремонта печей и технологической оснастки, ремонта и обслуживания энергетических и санитарно-технических устройств и установок, складов: оснастки, запасных частей, вспомогательных материалов, огнеупоров, металла, заготовок, поковок до и после термической обработки.

Для гидравлических прессов, не имеющих индивидуальных приводов, предусматривается насосно-аккумуляторная станция. Создание прочих вспомогательных установок и служб определяется потребностями технологического процесса, например, маслоохладительные установки для заочно-отпускных баков или агрегатов, установки производства защитной атмосферы для безокислительного нагрева, насосные станции для подачи охлаждающих жидкостей к технологическому оборудованию и т. п.

При свободнойковке подлежат механизации и автоматизации следующие технологические и транспортные операции: посадка заготовки в нагревательную печь, вынос заготовки из нагревательной печи к ковочному молоту или прессу,ковка заготовки, удаление поковок от ковочного агрегата и посадка ее в термическую печь, удаление от ковочного агрегата отходов металла, межоперационный и окончательный контроль поковок.

Значительное распространение получили схемы автоматизации процесса свободнойковки, особенно для серийных поковок простых и средней сложности, системы программного управления ковочными агрегатами: пресс-манипулятор, молот-манипулятор, а в отдельных случаях и всем комплексом оборудования: печь – шаржир-машина – пресс (или молот) – ковочный и инструментальный манипуляторы.

Поковки, в зависимости от химического состава марок стали, степени их флокеночувствительности, габаритных размеров и сечений, требований технических условий, подвергаются следующим видам термической обработки: охлаждению послековки, отжигу (низкому, промежуточному, полному, изотермическому), нормализации с высоким отпускком и закалке с высоким отпускком.

К основному технологическому оборудованию относятся печи камерные, с выдвижным подом, вертикальные и ямные с пламенным и электрическим нагревом, охлаждающие устройства – камеры для медленного охлаждения, закалочные баки для воды и масла.

К вспомогательному технологическому оборудованию относятся правильные прессы и машины, моечные машины и баки, дробеструйные и дробебетонные установки, металлорежущие станки для взятия проб и ремонта оборудования.

К контрольно-измерительному оборудованию и приборам относятся щиты управления к газовым и электрическим печам, потенциометры, гальванометры и термопары для измерения температур.

К теплоэнергетическому оборудованию относятся маслоохладительные установки, вентиляторы, воздухоподогреватели, трансформаторы и электродвигатели, встроенные в оборудование.

В тех случаях, когда по технологическому процессу требуется конструирование и изготовление нового печного оборудования и на него отсутствуют аналоги и рабочие чертежи, к проекту прикладываются технические задания. В них указываются назначение оборудования (печь для полного отжига, нормализации и т.д.), режим термообработки поковки (температура процесса, длительность нагрева, выдержки, охлаждения и т.д.), место установки – на планировке, производительность печи в тоннах и удельный расход в час с 1 м² площади пода, рабочие размеры площади пода, виды и параметры энергоносителей и другие необходимые для разработки конструкции печи данные.

Пламенный нагрев является основным видом нагрева металла заготовок под свободную ковку. Основными типами пламенных печей при этом являются камерные печи периодического действия одно- и двухкамерные с заслонками, камерные шелевые и камерные с выдвижным подом.

Применение других видов нагрева и других типов печей при свободной ковке может

быть рекомендовано лишь в исключительных случаях при наличии специальных обоснований.

Так, применение пламенных печей с вращающимся подом или проходных печей может быть рекомендовано лишь в специализированных агрегатах свободнойковки. В остальных случаях эти печи применять не следует, так как неравномерность выдачи при свободной ковке различных единичных поковок приводит к перегреву металла и снижению эксплуатационной надежности печей.

Применение камерных электропечей сопротивления, равно как электропечей других типов, может быть оправдано либо при наличии дешевой электроэнергии, либо при отсутствии на экономически целесообразном для транспортировки расстоянии других видов топлива.

Поковки, изготавливаемые свободной ковкой, как правило, крупные и тяжелые, поэтому их межпролетная передача из кузнечных отделений в термические отделения производится соответствующими грузоподъемными средствами (мостовыми электрическими кранами и напольными электрическими тележками).

Склады и складские площадки для поковок, поступающих на термообработку, как правило, размещают в начале технологического процесса. Поковки после термообработки, правки и приемки передаются на склад готовых поковок термического отделения, или на эстакаду кузнечного цеха, или непосредственно в механический цех.

Цехи горячей объемной штамповки различаются между собой, в основном, по характеру, серийности и объему производства.

По характеру производства цехи подразделяются на два основных вида: специализированные и универсальные.

Серийность производства может быть определена в зависимости от годового выпуска поковок, приходящегося на один агрегат, и от числа типоразмеров штамповок, постоянно закрепленных за единицей оборудования, и определяется как единичное и мелкосерийное, серийное, крупносерийное и массовое производство.

По объему производства (годовой выпуск поковок в тоннах при средней массе заготовки 1 кг) цехи подразделяются на три вида: мелкие, средние и крупные.

Программа цеха для укрупненных расчетов при составлении обоснований или предложений обычно задается в весовом выражении.

Для детальных расчетов программа составляется в виде спецификации поковок на основании выборки данных из общей маршрутной ведомости прохождения деталей по цехам

Для специализированного производства, как, например, для производства штамповок подшипниковых колец, зубчатых колес, клапанов двигателей, ступенчатых валов, спецификация поковок может быть составлена по деталям-представителям, с наличием в программе цеха поковок, близких по конфигурации, размерам и маркам стали

Цехи с мелкосерийным производством поковок организуются по групповому принципу – штамповочное отделение, которое, в свою очередь, может состоять из участка молотов, горячештамповочных прессов, горизонтально-ковочных машин и других видов штамповочного оборудования, отделение холодной обрезки облоя, отделение правки и чеканки, термическое отделение, очистное отделение

Оборудование в производственных отделениях и участках должно располагаться по принципу поточного производства на основе технологического процесса изготовления поковок

Цехи с крупносерийным производством организуются по принципу создания поточных механизированных линий. На отдельных участках могут быть предусмотрены автоматические линии

При массовом производстве штамповок создаются комплексные автоматические линии с включением операций, имеющих взаимную технологическую связь (нагрев, штамповка, горячая обрезка облоя, термообработка и т.п.), и которые будут осуществляться согласно заданному ритму

В тех случаях, когда обработка штамповок не может быть произведена в одном ритме со штамповкой, необходимо предусматривать специальные устройства для межоперационных заделов

Служба механика цеха выполняет межремонтное обслуживание оборудования технологического, транспортного, сантехнического, средств механизации, трубопроводов, приспособлений, производственного инвентаря и тары

В ведении службы находятся ремонтная мастерская, склад запасных частей к оборудованию, склад огнеупоров, кладовая вспомогательных и смазочных материалов, кладовая слесарно-монтажного инструмента.

Служба энергетика цеха выполняет межремонтное обслуживание оборудования электродвигателей, трансформаторных подстанций, компрессорных станций, генераторов тока повышенной частоты, насосно-аккумуляторных станций, индукционных нагревателей, а также обслуживание энергетических коммуникаций

В ведении службы находятся ремонтная мастерская, склад электродвигателей и других запасных частей к оборудованию, склад индукторов, кладовая вспомогательных и смазочных материалов

Служба штампово-инструментального хозяйства выполняет межремонтное обслуживание штампов и штамповой оснастки

В ведении службы находятся мастерская по ремонту штампов и их наладке, склад штампов и штамповой оснастки, кладовая шаблонов и измерительного инструмента

Технологические процессы при проектировании новых и реконструкции существующих кузнечных цехов должны предусматриваться на базе новой техники, механизации и автоматизации процессов производства поковок, обеспечивающих улучшение качества поковок, ускорение процессов штамповки, уменьшение отходов металла, наибольшее приближение формы поковок к форме готовой детали

Выбор варианта технологического процесса обуславливается преимущественно объемом производства и специальными требованиями к выпускаемой продукции. Если осуществляется реконструкция существующего цеха, то необходимо учитывать имеющийся состав производственного оборудования, если оно может быть использовано после реконструкции цеха

Если по технологическому процессу предусматривается нестандартизированное оборудование и на него отсутствуют аналоги и чертежи, к проекту прикладывают техническое задание на конструирование и изготовление такого оборудования

Наиболее распространенными и прогрессивными являются горячештамповочные крилошипные прессы (ГШКП)

Для поковок, имеющих высокие тонкие ребра, следует применять молоты высокоскоростной штамповки

Поточные механизированные линии, как правило, предусматриваются на базе универсального оборудования (штамповочных прессов и молотов). В этом случае в комплекс

штамповочного пресса может входить следующее оборудование: нагревательная печь или индукционный нагреватель, камера для гидравлической очистки нагретых заготовок от окалины, ковочные валцы, пресс для обрезки облоя и пресс для правки поковок. При массовом и крупносерийном производстве поковок в комплекс (агрегат) штамповочного пресса входит также оборудование для термической обработки поковок.

Структура поточных механизированных линий может быть одинаковой с автоматическими линиями. В этом случае вместо штамповочного автомата предусматривается обычный горячештамповочный кривошипный пресс, а вместо автоматического обрезного пресса обычный обрезной пресс.

При массовом и крупносерийном производстве поковок в проектах следует предусматривать автоматические линии. Такие линии основываются на базе специальных механических прессов и штамповочных автоматов и другого специального оборудования, входящего в линию. Они подразделяются на комплексные, некомплексные и комбинированные.

Комплексная автоматическая линия отличается от других тем, что в нее входит оборудование для выполнения заготовительных, штамповочных, термических, отделочных и контрольных операций. Обязательным условием работы такой линии является обеспечение ритмичности во всех звеньях производственного цикла, установленного по ведущему оборудованию, которым является штамповочная машина, входящая в линию.

Заготовительное оборудование включается в автоматическую линию, если оно используется не менее чем на 50 % мощности.

В случаях, когда резка штанги на мерные заготовки или другие операции выполняется с различным ритмом относительно основных штамповочных операций, необходимо предусматривать "заделы" из расчета обеспечения работы линии или отдельных агрегатов не менее чем на 2 ч.

В некомплексных автоматических линиях обычно отсутствуют заготовительные и отделочные операции, оборудование которых не может работать в одном ритме с другим оборудованием, входящим в линию. Если поковка требует 2...3 штамповочных операции, обрезка поковки может быть осуществлена на штамповочном автомате, в этом случае обрезной пресс в линию не устанавливается.

В кузнечно-штамповочных цехах оборудование подразделяют на производственное и вспомогательное.

Производственное оборудование, в свою очередь, подразделяют на ведущее и комплектующее. К ведущему относится оборудование, которое используют на первых операциях, связанных с деформацией металла. К таким операциям относятся объемная штамповка, прессование, высадка и гибка. К комплектуемому относится, главным образом, оборудование, которое используют для последующих технологических операций по изготовлению поковок.

К вспомогательному относится оборудование ремонтных служб и все виды транспортного оборудования.

Механизация технологических процессов в штамповочных агрегатах предусматривается по трем направлениям:

- механизация межоперационных передач заготовок, полуфабриката и поковок;
- механизация приемов, связанных с деформированием заготовки;
- создание поточных механизированных линий с непрерывным процессом изготовления поковок.

Выбор пути и средств для внедрения автоматизации зависит от ряда технических и экономических возможностей, которые необходимо учитывать при проектировании процесса изготовления поковок. Например, следует учитывать принцип поточного движения заготовки и полуфабриката в процессе обработки, так как отклонение от потока осложняет внедрение средств автоматизации в технологические процессы.

Степень автоматизации процессов штамповки, а также средства, которые могут быть использованы для этой цели, определяются в значительной мере объемом производства. При этом технологический процесс может быть автоматизирован полностью, или же могут быть автоматизированы только отдельные операции процесса. Как указано выше, в автоматическую линию следует включать операции, имеющие взаимную технологическую связь, (нагрев, штамповку, обрезку облоя и т.п.).

Полная комплексная автоматизация в кузнечном производстве должна охватывать все звенья технологического процесса, начиная с поступления заготовок к агрегату и кончая удалением поковок от агрегата.

Первое и обязательное условие комплексной автоматизации массового и крупносерийного кузнечного производства — это

обеспечить ритмичность во всех звеньях производственного процесса. Ведущим оборудованием, по производительности которого устанавливается ритм во всех звеньях автоматизированного комплекса, является кузнечный агрегат.

При массовом и крупносерийном производстве поковок в проектах строительства объектов кузнечного производства следует предусматривать автоматизированные кузнечные цехи, которые подразделяются на три группы:

I — цехи, состоящие из отдельных автоматических поточных линий, в которых штамповочные агрегаты совмещены с термическими агрегатами;

II — цехи, состоящие из отдельных участков, в которых группы штамповочных агрегатов совмещены с группой термических агрегатов;

III — цехи, состоящие из отдельных комбинированных линий, в которых штамповочные агрегаты установлены в линиях механической обработки.

Цехи группы I создаются при массовом и крупносерийном производстве поковок различной конфигурации и размеров с многопозиционным технологическим циклом штамповки и термической обработки.

Цехи группы II создаются на специализированных предприятиях по изготовлению клапанов, зубчатых колес при массовом производстве поковок одинаковой конфигурации, с незначительным расхождением по размерам, с многооперационным технологическим циклом штамповки и термической обработки.

Цехи группы III обычно создаются в подшипниковой промышленности и в других подобных производствах при массовом производстве поковок, одинаковых по конфигурации, с незначительным расхождением по размерам, с малооперационным технологическим циклом штамповки, не требующим термической обработки и других отделочных операций.

Мероприятия по ограничению шума и вибрации. Источником шума являются машинные генераторы токов повышенной частоты для питания индукционных нагревательных установок. В связи с этим станции машинных генераторов должны быть размещены в обособленных помещениях.

Источником шума и вибраций являются, главным образом, штамповочные молоты. Вибрации оказывают отрицательное воздействие на работу близко расположенных цехов, например, инструментальных и других, имеющих наибо-

лее чувствительное оборудование и приборы. Для предупреждения вредного влияния вибрации и шума штамповочные молоты следует устанавливать на специальных фундаментах с амортизаторами. Оборудование, при работе которого создается шум, и образуются вредные вещества, например, галтовочные и дробеменные барабаны, следует устанавливать изолированно, в отдельном помещении.

Меры по борьбе с вредными газами и задымленностью воздуха. Нагревательные печи, раскаленный металл и жировая смазка горячих штампов являются источниками загрязнения воздуха дымом, копотью и вредными газами.

В кузнечных цехах борьбе с газами уделяют большое внимание и принимают меры, исключающие их появление в цехах. К ним относятся устройства вытяжных и улавливающих систем и вентиляции всех видов.

Кузнечные цехи работают, как правило, в две и три смены и, следовательно, не могут быть полностью обеспечены естественным освещением.

Искусственное освещение в цехе в любую рабочую смену должно быть таким, чтобы можно было выполнять технологические операции и наладку оборудования без производственных дефектов и травматизма и чтобы исключалось чрезмерное утомление работающего в результате зрительного напряжения. Искусственное освещение обеспечивается системой общего освещения или системой комбинированного освещения, т.е. общего и местного.

Оборудование кузнечных цехов с точки зрения травматизма является одним из наиболее опасных.

При выборе нагревательных печей и их расположении в штамповочных агрегатах необходимо предусматривать следующее:

- линейную, а не шахматную планировку печей и кузнечных машин, что обеспечивает наименьшее тепловое облучение рабочих мест кузнецов;

- защитные устройства у открытых окон и отверстий нагревательных печей для ослабления излучения от раскаленных внутренних стенок.

При выборе штамповочного оборудования необходимо учитывать возможность применения средств механизации и создания автоматических линий, значительно уменьшающих возможность травматизма. Оборудование в штамповочных агрегатах располагают, исходя из непрерывного производства, при этом

должна быть исключена возможность излишнего накопления полуфабрикатов и готовой продукции у рабочих мест

В кузнечных цехах могут быть предусмотрены следующие ремонтные службы

- мастерская для малого ремонта и межремонтного обслуживания всех видов оборудования, средств механизации, стеллажей, тары и трубопроводов, находящаяся в ведении механика цеха,

- мастерская для малого ремонта и межремонтного обслуживания штампов, инструмента и приспособлений, находящаяся в составе штампо-инструментального хозяйства,

- мастерская для малого ремонта и межремонтного обслуживания электрооборудования и электроприборов и мастерская для ремонта индукторов, находящиеся в ведении энергетика цеха,

- мастерская по ремонту хозяйственного инвентаря

В проекте количество металла, как основного производственного материала, необходимое для выполнения годовой программы цеха, подсчитывают для определения грузооборота цеха и завода, площади склада металла, себестоимости продукции, выпускаемой кузнечным цехом, а также коэффициента использования металла, характеризующего прогрессивность принятого технологического процесса изготовления поковок и деталей

К вспомогательным материалам относятся смазочные и обтирочные материалы, огнеупоры для ремонта нагревательных установок, дробь для очистки поковок от окалины, масло для термической обработки поковок и т. д.

Основной склад заготовок организуется при заготовительном цехе или отделении. В случаях, когда заготовительный цех расположен в отдельном здании, в кузнечном цехе предусматривается промежуточный склад заготовок с запасом на одну смену работы цеха.

Промежуточный склад заготовок следует располагать в начале штамповочных линий, с тем, чтобы подачу заготовок к штамповочным агрегатам можно было бы производить напольным транспортом и мостовыми кранами.

Межоперационные склады полуфабрикатов предусматриваются перед термическими и очистными агрегатами и отделочными операциями (правка, чеканка и окончательный контроль).

В условиях специализированного и автоматизированного производства штамповочные

и термические агрегаты должны быть совмещены в единые поточные линии и, следовательно, надобность в межоперационном складе перед термообработкой отпадает.

Мостовые краны общецехового назначения служат для подачи заготовок со склада металла к нагревательным печам, передачи полуфабрикатов от штамповочных агрегатов к термическим печам (если последние расположены в этом же пролете), удаления облоя от обрезных прессов на специально отведенное место, подачи штампов со склада к штамповочному оборудованию и обратно.

Предусматриваются следующие складские площади поковок, штампов, запасных частей.

При помощи мостовых кранов производят установку штампов, ремонт оборудования, монтаж и демонтаж оборудования.

Грузоподъемность крана определяется массой наиболее часто ремонтируемых узлов оборудования или наибольшей массой штампа.

- у паровоздушных штамповочных молотов – массой падающих частей, включая массу верхней половины штампа,

- у горизонтально-ковочных и гибочных машин, а также горячештамповочных кривошипных прессов – массой ползуна,

- у гидравлических горячештамповочных прессов – массой штампа в собранном виде,

- у гидровинтовых и фрикционных прессов – массой винта с маховиком.

В остальных случаях грузоподъемность кранов определяют в зависимости от максимальной массы штампа в собранном виде.

Грузоподъемные средства местного назначения применяются на складе поковок (полуфабрикатов) перед термической обработкой для сортировки поковок по термическим агрегатам, а также для загрузки термических агрегатов, после термической обработки перед очистными агрегатами, на складах штампов.

Разделка исходных материалов из цветных сплавов на заготовки мерной длины Резка заготовок из алюминиевых, магниевых, титановых и медных сплавов осуществляется на отрезных станках с вулканитовыми кругами. При мелкосерийном производстве резку заготовок производят на фрезерно-отрезных станках.

Заготовки из титановых сплавов при серийном производстве режут на сортовых нож-

иницах в подогретом состоянии до температуры 650–850 °С, а при мелкосерийном производстве применяют анодно-механическую резку

Нагрев заготовок из алюминиевых, магниевых и медных сплавов можно производить в электрических печах сопротивления или в индукционных нагревательных установках, а из титановых сплавов – в тех же печах, только с защитной атмосферой в виде аргона или гелия во избежание насыщения водородом и окисления металла. В том случае, если нет защитной атмосферы, титановые заготовки рекомендуется эмалировать

При выборе оборудования для штамповки нужно иметь в виду, что для штамповки деталей из алюминиевых, магниевых и медных сплавов наиболее подходящим оборудованием по скоростным режимам деформирования являются гидравлические и кривошипные горячештамповочные прессы, так как большие скорости деформации на молотах ведут к интенсивному течению наружных слоев металла, что приводит к образованию дефектов на поверхности поковок. Кроме того, точность поковок на молотах ниже, чем при работе на прессах

Детали из титановых сплавов рекомендуются штамповать на молотах и горячештамповочных прессах

На винтовых фрикционных прессах и гидровинтовых пресс-молотах рекомендуется штамповать небольшие поковки из всех сплавов

Высадку на горизонтально-ковочных машинах применяют для получения таких поковок, которые по своей конфигурации могут быть изготовлены без облоя

Обрезка облоя у поковок из алюминиевых сплавов – в холодном состоянии, из титановых сплавов – в горячем состоянии

Поковки из алюминиевых сплавов подвергают закалке и старению

Поковки из магниевых сплавов подвергают отжигу, закалке и старению

Поковки из медных сплавов подвергают отжигу, закалке и отпуску

Поковки из титановых сплавов подвергают нормальному и вакуумному отжигу

Цехи холодной объемной штамповки различают

- по характеру производства, по массе выпускаемых деталей,

- по масштабу производства (размеру годового выпуска),

- по серийности производства

По характеру производства различают цехи специального назначения и универсальные. Цехи специального назначения выпускают ограниченную номенклатуру деталей, например, кольца для шарикоподшипников, чашки карданных валов, зубчатые колеса. У универсальных цехов номенклатура деталей широкая к числу таких цехов могут быть отнесены цехи автомобильных, тракторных, приборостроительных и радиоэлектронных заводов, заводов сельскохозяйственного машиностроения и др.

По массе выпускаемых деталей цехи могут быть разделены на цехи мелких, средних, крупных и особо крупных деталей

Цех может быть либо самостоятельным, либо входить в качестве отделения, участка в цех нормалей, в автоматный цех или в цех холодной штамповки

Самостоятельные цехи организуются преимущественно на специализированных заводах, например в подшипниковой промышленности

Состав цеха

- производственные отделения, участки – заготовительное, очистное, фосфатирование, прессовое, металлорежущее (доделочные операции), термическое и термохимическое,

- вспомогательные отделения, участки, склады – ремонтно-механическое, штампо- и инструментально-ремонтное, склады металла готовой продукции, вспомогательных материалов и т.п., технологическая лаборатория с экспериментальным участком

Типовой технологический процесс изготовления деталей холодной объемной штамповкой включает следующие основные этапы

- разделка исходного материала на мерные заготовки,

- калибровка заготовок,

- предварительная и промежуточная термообработка для улучшения пластических свойств деформируемого материала,

- очистка заготовок от окалины,

- фосфатирование (если детали стальные) и смазка,

- формоизменяющие операции,

- окончательная механическая обработка

Для холодной объемной штамповки используют точные по размерам заготовки, имеющие правильную геометрическую форму и дозированный объем

В зависимости от формы детали и выбранного варианта технологического процесса

исходный материал может быть в виде бунта, прутка, полосы и листа.

Резка бунта на заготовки осуществляется на автоматах. Целесообразно также применять автомат для резки бунта и калибровки заготовок, подвергаемых затем отжигу и фосфатированию. Для этой цели рекомендуется использовать одноударные автоматы, например автоматы для высадки шариков.

Прутковый материал бывает горяче- и холоднокатаный. В том случае, когда первой формоизменяющей операцией является высадка, предпочтение следует отдавать калиброванному прутку.

При использовании горячекатаного прутка применяют обдирку его по наружному диаметру с последующей обкаткой роликами.

Резка прутков на заготовки осуществляется в штампах на кривошипных прессах, оборудованных автоматическими подачами и стеллажами, либо на фрезерно-отрезных станках.

Для механической обработки в крупносерийном и массовом производстве целесообразно применять специальные станки, например токарные станки с зажимом посередине детали, обеспечивающие одновременную обработку обоих концов.

Холодную объемную штамповку осуществляют на механических и гидравлических прессах вертикального и горизонтального исполнения. Применяют пресс-автоматы, оснащенные не только устройствами для загрузки, но и механизмами переноса заготовок с позиции на позицию. При этом, наряду с горизонтальными автоматами, применяют вертикальные многопозиционные прессы с грейферной подачей, оснащенные накопителями и устройствами для загрузки штучных заготовок. Большинство прессов для выдавливания коленорычажные, но применяются и кривошипные прессы, а также прессы со специальной кинематикой, обеспечивающей быстрый подвод инструмента, но малую скорость деформирования.

Оборудование, предназначенное для очистных операций, фосфатирования и термической обработки, принимают комплектно в зависимости от числа прессов и их производительности.

Требования по охране труда и технике безопасности примерно такие же, как и для цехов листовой штамповки. Однако должно быть учтено, что при холодной объемной штамповке, особенно при холодном выдавливании, возможен разрыв матриц штампов и

поломка пуансонов с разлетом осколков с большой силой, которые могут вызвать тяжелый травматизм. Поэтому прессы должны быть оборудованы ограждающими устройствами, препятствующими разлету осколков.

Продукция цехов холодной высадки включает метизы и детали машин, различные по форме (детали стержневые, плоские и шарообразные) и по способу изготовления (детали высадочные, вырубные и гибочные).

К стержневым деталям относятся болты с шестигранными, четырехгранными, круглыми и фасонными головками, винты и шурупы с крестообразными углублениями и продольными прорезями, шпильки гладкие и с буртами, заклепки обыкновенные и пустотелые, пальцы, оси, штифты, ролики, спицы велосипедные и мотоциклетные, ниппели, шплинты, гвозди и разные специальные фасонные детали машин.

К плоским деталям относятся шестигранные, четырехгранные и круглые гайки.

К шарообразным деталям относятся шарики для подшипников.

Метизы и детали машин изготавливают из бунтового металла или круглого прутка.

Цехи холодной высадки различаются:

по серийности производства — цехи с массовым, крупносерийным и мелкосерийным производством;

по характеру производства — цехи специального назначения и смешанного производства деталей;

по размеру годового выпуска — цехи мелкие, средние и крупные.

К цехам специального назначения относятся цехи для производства ограниченной номенклатуры деталей (болтов, шариков, шурупов и т.д.).

Программа цеха составляется в виде спецификации деталей путем выборки данных из общей маршрутной ведомости прохождения деталей по цехам завода.

Цехи с мелкосерийным производством организуются по групповому принципу — прессовое отделение, металлорежущее отделение, термическое отделение, очистное отделение и др. Однако оборудование в производственных отделениях должно располагаться по принципу поточного производства с выделением производственных участков, как, например, участок болтов, участок гаек, участок заклепок и т.п. Цехи с крупносерийным производством организуются по принципу создания поточных механизированных линий. На от-

дельных участках могут быть организованы автоматические линии.

При массовом производстве создаются комплексные автоматические линии (начиная от высадки и кончая консервацией и упаковкой продукции), если не требуется цинкования и других видов покрытия деталей, так как указанные операции должны выполняться на отдельных участках.

Производство деталей методом холодной высадки может быть организовано либо в самостоятельном цехе, либо в отделении одного из цехов завода (обычно цеха холодной листовой штамповки или автоматного цеха).

Самостоятельные цехи холодной высадки встречаются преимущественно на специализированных метизных заводах (обслуживающих, например, автомобильную, тракторную или другую отрасль машиностроения).

В состав цехов холодной высадки входят следующие отделения (участки):

- производственные отделения – прессовое, металлорежущее (доделочное), термическое, очистное, защитных покрытий;
- вспомогательные отделения – ремонтно-механическое, ремонтно-инструментальное, заточное, склады металла, готовой продукции, тары, масел, вспомогательных материалов, экспедиция, сортировочные площадки, инструментальные кладовые, лаборатории.

В тех случаях, когда отделения холодной высадки входят в состав других цехов, вспомогательные службы учитываются в целом по этим цехам.

Технологический процесс и выбор типов основного оборудования зависят от формы и размеров самого изделия. На каждую операцию подбирают специальный станок, соответствующий размеру изделия, обеспечивающий необходимую точность изготовления.

При изготовлении фасонных деталей используются двухударные холодновысадочные автоматы с цельными и разъемными матрицами.

Для изготовления крепежных изделий применяют многопозиционные автоматы.

В проекте на планировке цеха должны быть указаны или оговорены следующие ограничения: прямиков, движущихся частей оборудования (представляющих опасность обслуживания), подвесных конвейеров (проходящих над рабочими местами, людскими потоками и проездами).

Следует предусматривать местные отсосы: от агрегатов металлопокрытий, моечных машин, термических печей, а также преду-

сматривать вентиляцию мест хранения спецодежды сухим теплым воздухом.

Должны быть приведены мероприятия по ограничению шума в производственном помещении цеха.

Капитальный ремонт оборудования, приспособлений и средств механизации осуществляется централизованно службами завода или специальными базами.

Текущий ремонт осуществляется в цехах, для чего следует предусматривать ремонтные службы: механика цеха, энергетика цеха и хозяйственной части цеха. Все виды ремонта (мелкий и крупный) инструмента и его заточка осуществляются в цехе холодной высадки.

Предусматриваются следующие ремонтные мастерские:

- для малого ремонта и межремонтного обслуживания всех видов оборудования, средств механизации, стеллажей, тары и трубопроводов;
- для ремонта штампов, инструмента и приспособлений;
- для малого ремонта и межремонтного обслуживания электрооборудования и электроприборов;
- по ремонту хозяйственного инвентаря.

Кроме ремонтных мастерских в цехах холодной высадки предусматриваются заточные участки для заточки инструмента.

Основным материалом является металл (бунт, прутки).

К вспомогательным материалам относятся: различные масла, жидкое стекло, наждачные круги, приводные ремни, обтирочный материал, мыло хозяйственное, бумага упаковочная, жесь, гвозди и др.

Основным видом отхода металла является дробленая стружка. Стружку у рабочих мест собирают в унифицированную металлическую тару и транспортируют напольным транспортом на участок переработки, с установкой комплекта оборудования для холодного брикетирования стружки.

Цехи листовой штамповки проектируют в следующем составе:

- производственные подразделения;
- вспомогательные подразделения – ремонтные службы, мастерская по приготовлению технологических смазок, отделение пакетирования листовых отходов и др.; склады – металла, штампов, деталей, вспомогательных материалов и др.; цеховые службы технического контроля, лаборатории.

Цехи листовой штамповки различаются

- по характеру выпускаемой продукции (тонколистовой штамповки, толстолистовой штамповки, арматурные, каркасные и др.),

- по габаритным размерам штампуемых деталей,

- специальные цехи,
- по размеру годового выпуска (мелкие, средние, крупные),
- по серийности производства

Типовые признаки серийность в листоштамповочном производстве представлены в табл. 1.5.2

Специализация производства листовых штамповок предполагает централизованное изготовление однотипных деталей. Это приводит к значительной унификации их, что способствует укрупнению масштабов производства и сокращению затрат на его оснащение. Укрупнение масштабов производства создает необходимые условия для применения автоматизации и механизации, а также снижения себестоимости продукции.

При создании специализированных цехов листовой штамповки можно получить значительный экономический эффект. Например, в автомобильной промышленности целесообразна организация по производству рам автомобилей и прицепов. При этом значительно сокращаются затраты на приобретение лонжеронных и других крупных дорогостоящих прессов, и производство осуществляется с высокой степенью автоматизации и механизации.

Технологический процесс в большинстве случаев разрабатывают на каждую деталь, входящую в программу проектируемого цеха. Однако в некоторых случаях технологический

процесс разрабатывают на представителя группы однотипных деталей (например, в сепараторных цехах подшипниковых заводов).

Разработка технологических процессов изготовления деталей каждой группы состоит из следующих этапов:

- анализ технологичности формы или конструктивных элементов детали;
- определение формы и размеров заготовки и выбор исходного материала;
- установление характера, количества и последовательности операций,
- установление типов и усилия оборудования.

Преимущество открытых кривошипных прессов (прессов с открытой станиной) перед прессами с закрытой станиной заключается в свободном доступе к штампу с трех сторон (спереди и с боковых сторон), чем обеспечивается удобство в установке и обслуживании штампа и широкие возможности для оснащения пресса средствами механизации и автоматизации.

Закрытые однокривошипные и многокривошипные прессы обладают большей жесткостью конструкции и меньшими упругими деформациями станины по сравнению с открытыми.

Многокривошипные прессы выпускаются с числом ходов до 30 в минуту. При этом применяемая кинематическая схема пресса обеспечивает движение вытяжного ползуна (для прессы двойного действия) со скоростью, примерно равной допускаемой скорости деформирования листового материала, и ускоренное движение вниз (до начала вытяжки) и вверх.

1.5.2. Типовые признаки серийности в листоштамповочном производстве

Типовые признаки	Тип производства				
	Массовое	Крупносерийное	Серийное	Мелкосерийное	Единичное
Характер производства	Непрерывное поточное	Поточное крупными партиями	Поточное средними партиями	Групповая штамповка	
Типы оборудования	Поточно-механизированные и автоматические линии, специальные и штамповочные автоматы	Переналаживаемые поточно-механизированные и автоматические линии, штамповочные автоматы	Поточные линии, универсальные прессы, полуавтоматы	Универсальные прессы	Обтяжные и листогибочные прессы, вибрационные и роликовые ножницы, мелкие и средние универсальные прессы

Закрытые одно- и многокривошипные прессы выпускаются, в основном, с верхним приводом. Реже выпускаются прессы с нижним приводом.

Для автоматической штамповки мелких деталей применяют

- универсальные кривошипные прессы, оснащаемые механизмами для автоматической подачи ленты, полосы или штучных заготовок,
- многоползунковые гибочные автоматы,
- многопозиционные пресс-автоматы,
- пресс-автоматы с нижним приводом и специальные автоматы

Многоползунковые гибочные автоматы высокопроизводительны и применяются при массовом выпуске деталей из ленты, проволоки или штучной заготовки.

Для штамповки крупногабаритных толстолистовых деталей типа балок задних мостов и лонжеронов грузовых автомобилей применяются двухкривошипные прессы силой до 50–60 МН.

Для резки листа на полосы и карточки применяют гильотинные ножницы.

При мелкосерийном производстве изготовления заготовок сложной конфигурации осуществляется на двухдисковых или вибрационных ножницах.

Для резки или вырубки заготовок из широкополосного материала применяются специальные высокопроизводительные автоматические линии.

Для роспуска (разрезки на более узкие ленты) применяют многодисковые роликовые ножницы, в которых можно менять количество роликов и расстояния между ними.

Правильно-дрессировочные машины применяют в случае использования в качестве исходных материалов стали, склонной к старению.

В мелкосерийном и реже серийном производствах для изготовления профилей и гибки кромок листовых деталей применяют листогибочные или кромкогибочные прессы.

Для калибровки применяют кривошипно-коленные прессы.

Зачистка отверстий и других поверхностей среза осуществляется на универсальных прессах, оснащенных зачистными штампами, и на специальных репрессажных прессах.

Чистовая вырубка заготовок, не требующая последующей зачистки, осуществляется на специальных гидравлических или механических прессах двойного и тройного действия.

Штамповку мелких деталей при массовом и крупносерийном производствах, когда по разным причинам невозможно применить автоматическое оборудование, целесообразно осуществлять в поточно-механизированных линиях.

Основными вспомогательными операциями (приемами), которые должны выполняться при подаче крупных и средних заготовок в штамп прессы, являются подъем заготовки на уровень подачи в штамп, подача заготовки на зеркало штампа и ориентирование ее в штампе.

Механизация выполнения перечисленных операций для плоских заготовок осуществляется с помощью стандартных гидравлических подъемных столов, рольгангов, специальных заталкивающих механизмов, шибберных устройств.

Находят применение промышленные роботы, которые используются для подачи плоских и объемных заготовок в штамп прессы и съема отштампованных деталей. Эти роботы выполняют следующие операции (приемы): подъем заготовки, поворачивание ее, перемещение вперед и точную установку в штампе прессы. По данным фирм-изготовителей промышленный робот является весьма надежным универсальным и высокопроизводительным устройством. С помощью роботов в нужном темпе могут поворачиваться, перемещаться, укладываться в штампы и сниматься со штампов детали массой до 45 кг. Например, на автомобильных заводах успешно применяют роботы для разгрузки и выгрузки панелей дверей и картеров двигателей.

Основными операциями (приемами), выполняемыми при удалении детали из прессы, являются: съем детали со штампа, вынос ее из штампа и эвакуация из прессы. Первая операция (прием) выполняется съемником или выталкивателем штампа.

Вынос детали из штампа и эвакуация ее из прессы осуществляются механизмами, встроенными в штамп (при конструктивной возможности) механическими руками со сменными захватами, совковыми или лотковыми сбрасывателями и др.

Механические руки (напольные горизонтальные или подвесные) применяют для удаления деталей, которые выталкиваются из нижней половины штампа.

Совковые и лотковые сбрасыватели используют при выталкивании деталей из верхней половины штампов.

В условиях серийного и крупносерийного производств штамповка крупно- и среднегабаритных деталей, как правило, ведется в поточно-механизированных линиях.

Автоматизация штамповки крупных и средних деталей осуществляется тремя путями: применением тяжелых многопозиционных или многопозиционных секционных пресс-автоматов; применением специальных пресс-автоматов, оснащаемых последовательными штампами и специальными устройствами для автоматической подачи исходного материала (штучных заготовок или рулонного материала) и удаления отштампованных деталей; применением автоматических переналаживаемых и непереналаживаемых линий штамповки.

При крупносерийном и массовом производствах крупно- и среднегабаритных листовых деталей (в случаях технической возможности и экономической целесообразности) применяют переналаживаемые и непереналаживаемые автоматические линии. Главным фактором, влияющим на техническую возможность применения автоматических линий, является технологичность деталей, закрепляемых за ней. Поэтому, выбору автоматических линий штамповки должна предшествовать тщательная проработка технологических процессов, а к применяемым листовым материалам должны быть предъявлены повышенные требования по однородности качества и размеров.

Примерами автоматических линий штамповки особо крупных толстолистовых деталей могут служить автоматические линии штамповки лонжеронов грузовых автомобилей и автоматические линии штамповки половинок балок задних мостов автомобилей.

Универсальная механизированная установка для резки толстого листа на полосы состоит из специального листоукладчика в комплекте с подъемным столом, роликовым столом и механизмом для стаскивания толстого листа, гильотинных ножниц и стапелирующего устройства.

Универсальная механизированная установка для механизации резки тонкого листа на полосы состоит из специального листоукладчика в комплекте с подъемным столом, системой вакуумных присосок и роляганга.

Основными мероприятиями, уменьшающими возможность или исключаящими травматизм при работе на прессовом оборудовании, являются автоматизация и механизация технологических процессов. Кроме автоматизации и механизации, в целях уменьшения возможности травматизма, оборудование должно быть снаб-

жено устройствами, исключающими попадание рук рабочего в штамповое пространство. К числу таких устройств относятся: защитные решетки различных типов, вынесенные пульта включения, система двух- и четырехкнопочного включения, фоторелейная защита или устройства, в которых вместо фотоэлементов используются источники бета-излучения и др.

При разработке проекта цеха листовой штамповки следует предусматривать мероприятия, предотвращающие вредное воздействие шума на работающих.

Основными мероприятиями, предохраняющими рабочих от вредного воздействия шума, являются: установка глушителей на пневматических муфтах прессов, снабжение рабочих специальными наушниками.

Оборудование, являющееся источником шума, по уровню звука, превышающему допустимый, выделяется в отдельные изолированные помещения или располагается вдали от основных производственных участков, отделений (вентиляционные установки, галтовочные барабаны и т.д.).

Оптимальные и допустимые температуры и относительная влажность воздушной среды цеха обеспечиваются системой приточно-вытяжной вентиляции.

Кроме системы общеобменной приточно-вытяжной вентиляции, в цехах листовой штамповки предусматривают вытяжную вентиляцию от местных отсосов у галтовочных барабанов, обдирочно-шлифовальных станков, моечно-сушильных агрегатов и др.

При штамповке особо точных деталей (например, деталей миниатюрных подшипников) предусматривают систему кондиционирования воздуха.

Нормальные условия труда рабочих во многом зависят от освещенности цеха и рабочих мест, а также от окраски элементов здания и оборудования. Цехи листовой штамповки проектируют с искусственным и естественным освещением. Искусственное освещение обеспечивается системой светильников, устраиваемой, как правило, выше уровня работы крайнего оборудования.

В цехах листовой штамповки, как правило, предусматриваются ремонтные службы, осуществляющие работы по техническому обслуживанию и малый ремонт. Если такие цехи входят в корпус, в котором имеются другие цехи, ремонтные службы могут быть централизованы (корпусные). Остальные виды ремонта выполняются в ремонтно-механических и инструментальных цехах завода.

Иногда в крупных корпусах создают ремонтные службы, осуществляющие все виды ремонта.

Эти службы осуществляют техническое обслуживание и ремонт технологического, подъемно-транспортного, энергетического и санитарно-технического оборудования.

Мастерские штампов и приспособлений выполняют периодические осмотры и проверки штампов, приспособлений; малый и средний ремонты. Капитальный ремонт штампов осуществляется в инструментальных цехах заводов.

Получаемые в цехах листовых штамповки отходы делятся на деловые (вторично используемые) и неделовые (неиспользуемые).

В условиях серийного, крупносерийного и массового производства сортировка отходов должна осуществляться непосредственно в штампах, в конструкции которых должны быть предусмотрены для этой цели соответствующие устройства (ножи, каналы, транспортирующие механизмы и др.). В условиях мелкосерийного и индивидуального производства, когда разделительные операции осуществляются на таком оборудовании, как гильотинные, рычажные, высечные и другие ножницы, и когда применение сложных дорогостоящих штампов экономически нецелесообразно, сортировка отходов осуществляется при непосредственном участии производственных рабочих.

Деловые отходы собирают в специально предназначенную для них тару и транспортируют погрузчиками или другими видами напольного транспорта на участок подготовки к вторичному использованию.

Непакетируемые неделовые листовые отходы собирают в специально предназначенную для них тару и транспортируют к месту дальнейшей переработки напольными видами транспорта. К непакетируемым отходам прежде всего относятся отходы в виде мелких высеков и мелких обрезков.

Наиболее распространенной является механизированная система транспортирования пакетируемых отходов с применением пластичных транспортеров.

1.5.6. ПРУЖИННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение. Изготовление пружин является важным технологическим процессом, от которого зависит надежность эксплуатации машин готовой продукции.

Пружинный цех машиностроительного предприятия является обрабатывающим цехом и организуется по типу серийного производства.

Витые пружины классифицируются в зависимости от формы, способа изготовления, направления навивки, назначения и характера работы.

По форме пружины разделяют на цилиндрические, конические, фасонные, плоские и спиральные.

Цилиндрические, конические и фасонные пружины разделяют по направлению навивки.

По характеру действия на пружины нагрузки делятся на периодически действующие и постоянно действующие.

По виду нагрузки различают пружины растяжения, сжатия, кручения и изгиба.

Технологические решения. Пружины изготавливаются двумя способами: с нагревом и без нагрева.

Пружины, работающие на сжатие, навивают в горячем состоянии.

Процесс изготовления таких пружин включает следующие основные операции: отрезка заготовки в размер, нагрев конца заготовки, оттяжка хвостовиков, нагрев заготовки под навивку, навивка пружины в горячем состоянии, термическая обработка (закалка в масле или в воду + отпуск), замочка в воде, промывка, очистка или дробенаклеп, обжатие в размер, механическая обработка торцов, испытание и контроль, нанесение защитных покрытий.

Неметаллические покрытия получают нанесением на поверхность металла лака, краски, эмали, различных смазок. Этот вид покрытий применяют для крупных и средних пружин, а также для пружин, находящихся на длительном хранении.

Химические покрытия получают нанесением защитных пленок под действием химической реакции. К ним относят оксидирование и фосфатирование.

Перед нанесением защитных покрытий необходимо подготовить поверхность пружин воронением: термическим или химическим.

Термическое воронение заключается в нанесении на поверхность тонкого слоя масляного или асфальтового лака при 350...450 °С, а химическое – в обработке деталей в концентрированном растворе щелочи и азотнокислых солей при 120...150 °С.

Цех горячей навивки пружин, как правило, состоит из участков, соответствующих технологическому процессу:

- склада металла;
- заготовительного;
- подготовки металла под навивку;

- навивки пружин с термообработкой;
- механической обработки торцов пружин;
- очистки и дробенаклепа;
- испытания и контроля;
- нанесения защитных покрытий.

Пружины горячей навивки изготавливаются из сортового проката диаметром 16,5...45 мм длиной до 7 м и проволоки диаметром 8...16 мм, поставляемой в бухтах.

В основу организации пружинного производства положена классификация пружин на группы по технологическим признакам с последующим распределением этих групп по технологическим линиям навивки пружин.

Изготовление пружин производится на автоматических и полуавтоматических линиях, где все операции связаны единым технологическим потоком.

Сортовой прокат подается со склада металла на резку заготовок.

Резка пруткового материала диаметром 16,5...25 мм на мерные заготовки предусматривается, как правило, на механизированном комплексе на базе кривошипного прессы в штампе, а для прутков диаметром 26...45 мм – на механизированном комплексе на базе абразивно-отрезного полуавтомата.

Отрезанные в размер заготовки подаются на бесцентрово-шлифовальные автоматы для снятия дефектного слоя.

Отшлифованные заготовки подаются на шелевой индуктор ТВЧ или газовую печь проходного типа для нагрева конца заготовки.

Заготовки с нагретыми концами попадают на рольганг с механизмом подачи их в радиально-обжимную машину для оттяжки конического круглого хвостовика.

Заготовка с оттянутым концом системой рольгангов и конвейеров подается на нагрев и оттяжку второго конца.

После оттяжки второго конца заготовка транспортируется для сквозного нагрева ТВЧ в индукционный нагреватель или газовую печь проходного типа.

Нагретая до 1050...1100 °С заготовка поступает в термостат для выравнивания температуры по всей длине.

Термостат оснащен термопарой для контроля температуры. В случае недогрева заготовка механизмом, встроенным в термостат, сбрасывается в отбраковочный накопитель, из которого рольгангом возвращается на повторный нагрев.

Вышедшая из термостата заготовка проходит через приспособление для клеймения переднего конического хвостовика и подается в зафиксированном положении в полуавтомат для навивки пружин.

Навитая пружина подается в закалочный бак барабанного типа. Для пружин из прутка диаметром 16,5...25 мм закалочной средой является масло, а для пружин из прутка диаметром свыше 25 мм – вода. Пружины, прошедшие закалку в масле, подаются на промывку в горячий водно-содовый раствор, после чего они поступают в электрическую (газовую) печь проходного типа на отпуск.

Пружины, закаливаемые в воде, набираются механизмом в партии по 2...3 штуки (в зависимости от высоты пружин) и выдаются на конвейер электрической (газовой) отпускной печи проходного типа на отпуск.

После отпуска все пружины горячей навивки проходят замочку в холодной воде и поступают на пневматические прессы для обжатия в размер.

От прессов ленточными конвейерами пружины транспортируются на механический участок обработки торцов.

Обработка торцов пружин диаметром до 120 мм и высотой до 410 мм предусматривается, как правило, абразивными кругами на полуавтоматах в кассетах или на специальных карусельно-фрезерных станках.

Для повышения конструкционной прочности пружины подвергаются дробенаклепу в дробеметных камерах.

Вышедшие из камеры пружины подаются на прессы для осадки в размер по высоте, а затем на контрольные плиты для проверки геометрических параметров.

Пружины, прошедшие контроль, передаются на участок подготовки перед нанесением защитных покрытий или сразу на участок нанесения защитных покрытий, где осуществляют окончательную обработку поверхности пружин.

Затем пружины упаковывают и сдают на склад готовой продукции.

Цех пружин холодной навивки имеет обычно промежуточный склад пружинных сталей.

Пружины холодной навивки, как правило, изготавливаются из проволоки диаметром 1...10 мм.

Пружинная сталь поступает на склад в виде прутков или проволоки в бухтах.

Со склада пружинная сталь поступает на подготовительный участок, где проволоку очищают от смазки, а при необходимости снимают омеднение с ее поверхности, а также определяют механические свойства.

Участок пружин холодной навивки оснащен пружинонавивочными автоматами и полуавтоматами для навивки пружин из проволоки и прутков различного сечения, но не более 10 мм.

При необходимости, пружины подвергают термической обработке (отпуск) для снятия напряжений, образовавшихся в результате навивки.

Затем пружины поступают на промежуточный контроль и испытания.

Далее у пружин затачивают торцы, разводят шаг.

Дальнейшая обработка поверхности пружин осуществляется на участке нанесения защитных покрытий, где осуществляет окончательная обработка поверхности пружин.

Годные пружины упаковывают и сдают на склад готовой продукции.

1.5.7. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение. Литейные цехи различают по роду литейного сплава, характеру (серийности) производства, по массе одной отливки, мощности цехов (годовому производству отливок), способам производства.

По каждому из этих признаков литейные цехи делятся на ряд категорий.

Литейные цехи по роду сплавов делят на чугунолитейные (серого, ковкого, высокопрочного и легированного чугуна), сталелитейные (углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей), литейные цехи (участки) цветных сплавов (бронзо-латунные и цинковые) и цехи (участки) легких сплавов (алюминиевые и магниевые).

По серийности различают литейные цехи массового, крупносерийного, серийного, мелкосерийного и единичного производства отливок, с годовым количеством отливаемых деталей одного наименования применительно к весовым группам отливок.

По массе одной отливки литейные цехи делят на пять групп: цехи мелкого, среднего, крупного, тяжелого и особо тяжелого литья. Каждой группе цехов в зависимости от серийности производства соответствует своя максимальная штучная масса отливки.

По способам производства литейные цехи делят на цехи, производящие отливки в

объемные песчаные формы, и цехи, где отливки изготавливают специальными способами литья: в оболочковые формы, в металлические формы (кокили), под давлением, центробежным и др.

Отдельную классификационную группу представляют литейные цехи, производящие специальные виды отливок: ванны купальные, изложницы, трубы канализационные и другие отливки, выходящие за пределы машиностроительного литья.

По отраслевому признаку литейные цехи определяют с достаточной точностью характер и масштабы литейного производства, род сплава и массу отливки. Так, например, литейные цехи автомобильной промышленности являются цехами массового и крупносерийного характера производства, как правило, большой мощности, с выпуском мелких и средних отливок из черных и цветных сплавов.

Мощность и состав литейных цехов. Под оптимальной мощностью литейного цеха понимают такой минимальный объем выпускаемой за год продукции в количественном и номенклатурном выражении, который позволяет сочетать наилучшие технико-экономические показатели, обусловленные применением прогрессивной технологии и комплексной механизации и автоматизации технологического процесса и транспортных операций, с эффективным использованием капитальных вложений.

В цехе выделяют производственные отделения, вспомогательные отделения (участки) и складские помещения.

К производственным отделениям относят: плавильное, включая участок навески шихты; формовочно-заливочно-выбивное; стержневое, включая сушильные установки и склад стержней; смесеприготовительное для формовочных и стержневых смесей; термообрубочное, включая участки гидроиспытания, исправления дефектов литья и отделение грунтовки отливок.

К вспомогательным отделениям и участкам относят: смесеподготовительное отделение, состоящее из участков сушки и просева песка, размола глины и угля, приготовления глиняной суспензии, плакированного песка, подготовки маршалита и др.; ковшовые, включающие участки приготовления огнеупорных материалов, ремонта ковшей, сводов, набивки тиглей, набора и сушки стопоров; цеховые лаборатории (экспресс-химические для обслуживания плавильных агрегатов, формовочных

материалов и др.); мастерскую ремонта модельно-опочной оснастки, участок приготовления проволочных каркасов и др.; общецеховые пульты систем управления; силовые трансформаторные подстанции, вентиляционные установки, насосные станции и др.

В состав складских помещений включают склады:

- шихтовых материалов и кокса с разгрузочным устройством;
- формовочных материалов с разгрузочным устройством;
- флюсов;
- огнеупорных и вспомогательных материалов и крепителей;
- цеховые склады готовых отливок и слитков, опок и изложниц, модельной оснастки, стержневых ящиков, драйверов и плит;
- кладовые вспомогательных материалов.

В программе цеха приводится общее количество наименований отливок, максимальный и минимальный годовой выпуск отливок одного наименования и годовой выпуск наиболее характерных отливок или их групп в единицах массы. Должны быть указаны максимальная масса и наибольшие габаритные размеры отливок. Структурная схема комплексного литейного производства предприятия представлена на рис. 1.5.2.

Технологические решения. Основными режимами работы литейных цехов являются параллельный (более эффективный) и ступенчатый.

Параллельный режим предусматривает совмещение по времени и месту (отделению, участку) выполнение отдельных технологических операций производства литья. В параллельном режиме работают литейные цехи массового, крупносерийного и частично серийного производства. Цехи с параллельным режимом, как правило, работают в две смены. Третья смена предназначена для профилактического ремонта оборудования. Исключением из этого правила являются сталелитейные цехи массового и крупносерийного производства. Эти цехи чаще проектируют на работу по трехсменному параллельному режиму.

По непрерывному режиму работают обычно цехи, оборудованные мартеновскими печами.

Ступенчатый режим предусматривает разделение технологических операций по времени и совмещение их по месту выполнения (отделения, участки). Например, плацевую или

кессонную формовку осуществляют в первую смену, во вторую производят заливку форм и в третью – выбивку. По ступенчатому режиму работают литейные цехи индивидуального и реже мелкосерийного производства.

Литейные цехи, работающие по одному из указанных режимов, могут иметь отделения, участки или отдельные виды оборудования, работающие по режиму, отличному от основного режима работы цеха. Например, в ремонтно-литейных цехах, кроме отделения плацевой формовки, работающего по ступенчатому трехсменному режиму, могут быть отделения формовки с использованием конвейерной или рольганговой системы транспорта. Последние, как правило, работают по двухсменному параллельному режиму.

Термические печи непрерывного действия и печи с длительным циклом работают в три смены независимо от основного режима работы цеха, в котором они установлены.

Выбор типа и производительности плавильных агрегатов зависит от ряда факторов: вида и качества сплава отливок, топлива плавильных печей, объема производства, группы отливок по массе, режима работы плавильного отделения и др.

Электродопечи, как правило, используют при плавке легированных и высокопрочных чугунов. Применяют дешевую шихту: стружку россипью, легковесную обрезь и т.д. в количествах, компенсирующих разницу между затратами на электроэнергию при индукционной плавке и стоимостью кокса при ваграночном процессе.

Поскольку стружка, как правило, сильно загрязнена маслом и влагой охлаждающих эмульсий, то при загрузке ее в плавильные печи выделяются черные клубы дыма, которые загрязняют атмосферу не только плавильного отделения, но и далеко за его пределами. Поэтому стружку, перед загрузкой ее в электрические плавильные печи, должна пройти предварительную обработку: удаление масла и влаги. Для этой цели используют вращающиеся барабанные печи.

Выплавка чугуна в индукционных печах заняла прочное место в чугунолитейном производстве и продолжает непрерывно расти. Наряду с ростом выплавки чугуна в индукционных печах развивается производство чугуна и в электродуговых печах. Некоторые фирмы при больших масштабах литейного производства отдают предпочтение последним.

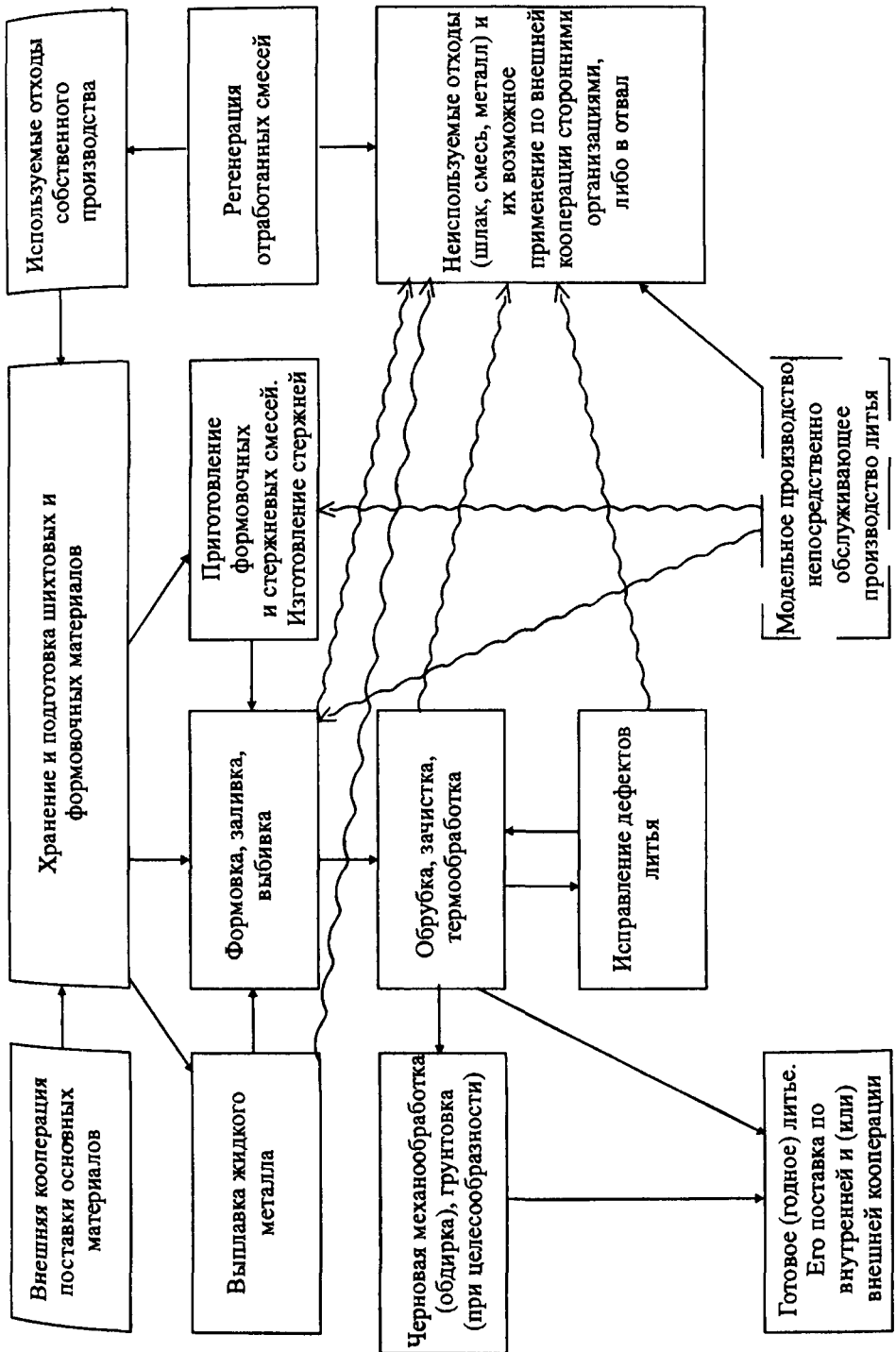


Рис. 1.5.2. Структурная схема комплексного литейного производства предприятия

Электроплавка чугуна получит еще более высокие темпы развития при широком внедрении предварительного скоростного и высокотемпературного подогрева металлических компонентов шихтовых материалов. При этом предполагается использовать в подогревательных печах более дешевое топливо, чем электроэнергия, например природный газ.

Предварительный нагрев шихты уменьшает продолжительность цикла плавки и тем самым увеличивает производительность плавильных агрегатов с одновременным снижением удельного расхода электроэнергии.

Предварительный подогрев шихты, как правило, осуществляется на складе шихтовых материалов.

Для транспортировки и загрузки шихты в индукционные печи рекомендуется использовать пластинчатые (для подогретой шихты) и ленточные (для холодной шихты) конвейеры, а также направляющие желоба. Конвейеры и желоба позволяют контролировать скорость подачи материалов к печи и исключают возможность зависания шихты, которое имеет место при загрузке бадьями. Зависание шихты часто служит причиной преждевременного разрушения футеровки индукционных печей.

Загрузка шихты в электродуговые печи большой и средней емкости осуществляется бадьями с раскрывающимся дном, с помощью мостовых кранов. Печи малой емкости загружаются, как правило, вручную.

При производстве высокопрочного чугуна получили широкое применение герметические камеры с избыточным давлением воздуха (автоклавы), предназначенные для модифицирования жидкого чугуна магнием. Модифицирование в автоклавах обеспечивает высокое усвоение магния, равномерное распределение модификатора в расплаве и стабильную сфероидизацию графита.

Получают распространение встряхивающие ковши для десульфурации и гомогенизации состава жидкого чугуна.

При проектировании цехов для выплавки сталей используются в основном дуговые электропечи на переменном и постоянном токе. Мартеновские печи в настоящее время сохраняются только в действующем производстве, с тенденцией их замены на современные и более эффективные электропечи.

Для получения высококачественных сталей после выплавки в дуговых электропечах предусматривается внепечная обработка жид-

кого расплава (полупродукта). В последнее время одним из достижений науки и техники стало применение для внепечной обработки стали специальных устройств.

В действующих цехах цветного литья наряду с электрическими плавильными печами широко используют топливные (газовые и мазутные) тигельные и отражательные печи поворотного и стационарного типов.

При проектировании новых цехов цветного литья предпочтение отдается электрическим плавильным печам, особенно индукционным тигельного и канального типа промышленной частоты. Печи этого типа применяют для плавки алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов и сплавов на медной основе.

При частой смене марок алюминиевых сплавов, периодической работе плавильных печей, а также при использовании в качестве шихты вторичного алюминия с большим содержанием стружки, вызывающей интенсивное зарастание плавильных каналов, рекомендуется устанавливать индукционные печи тигельного типа.

Плавильные отделения литейных цехов и участков относятся к категории опасных производственных объектов, с получением расплавов черных и цветных металлов, в связи с чем при их проектировании должны быть предусмотрены решения и мероприятия в соответствии с требованиями действующих законодательных и нормативных документов о промышленной безопасности.

Литейные формы подразделяют на разовые и многократно используемые. Разовые формы, в свою очередь, делят на объемные и оболочковые (тонкостенные).

Многократно используемые и оболочковые формы применяют в основном при специальных способах изготовления отливок. Для изготовления машиностроительных отливок наиболее распространены разовые объемные формы.

Производство мелких и средних отливок в машиностроении предусматривают в групповых потоках, специализированных по детальному признаку или по общности технологического процесса, в формах преимущественно одного размера.

Оптимальные размеры форм выбирают с учетом технической и экономической эффективности, имеющегося производственного опыта, и уточняют исходя из параметров принимаемого технологического оборудования.

Количество отливок в форме принимают из технологических карт (при массовом и крупносерийном производствах) или из технологических разработок и ведомостей при меньшей серийности производства.

Годовое количество форм, их размеры и металлоемкость являются основными исходными параметрами проекта литейного цеха в целом. На основе этих данных определяют ритм поточного производства и проектируют не только формовочное отделение, но и все остальные производственные отделения, которые его обслуживают.

В условиях массового и крупносерийного производства необходима автоматическая заливка. Установки для автоматической заливки выпускают с применением: электромагнитного насоса, дозирующего разливочного ковша с индукционным подогревом, промежуточного стопорного, барабанного ковша с дозированием массы металла и др.

Для механизированной заливки используют электрофицированные тележки с кабиной для оператора и дистанционным управлением передвижением и поворотом ковша.

Основным направлением повышения производительности труда и улучшением качества отливок, изготавливаемых в разовых объемных формах, является применение автоматических линий. Для сокращения срока окупаемости формовочных линий их следует интенсивно использовать, линии должны обладать необходимой технической и технологической надежностью и ремонтпригодностью.

Жидкий металл подают на участок заливки с помощью автопогрузчиков или монорельсовыми тележками.

Преимущества применения автопогрузчиков заключается в отсутствии каких-либо дополнительных сооружений, большей скорости подачи металла от любого плавильного агрегата. Однако этот вид транспорта требует отличного состояния пола цеха и соблюдения условий техники безопасности.

Транспортирование жидкого металла монорельсовыми тележками свободно от этих недостатков, но имеет другие: более медленную подачу, трудности забора металла от нескольких плавильных агрегатов, затрудняющие плавильного отделения конструкциями монорельсовых путей.

Номенклатуру, количество, размеры и другие технические параметры стержней, под-

лежащих изготовлению на проектную программу отливок в условиях массового и крупносерийного производства, определяют по технологическим картам.

Высокая производительность современных автоматических формовочных линий оправдывает создание децентрализованных стержневых участков для каждой линии.

Однако, при наличии в цехе нескольких формовочных линий, рациональным может оказаться решение, при котором одна из линий, например производящая блоки цилиндров, будет иметь самостоятельный стержневой участок, а несколько других линий — свой, второй, стержневой участок. В отдельных случаях целесообразно создание специальных линий для определенных стержней.

Склад стержней наиболее целесообразно проектировать на базе системы подвесных толкающих конвейеров. В этом случае отсутствие перекладки позволяет свести к минимуму поломку стержней. Однако подвесные склады стержней требуют сравнительно больших капитальных затрат.

Меньших затрат потребует склад, организованный на многоярусных стеллажах, обслуживаемых автоматизированными штабелерами. При проектировании стержневых отделений следует предусматривать подъемно-транспортное оборудование, необходимое для подачи смены оснастки.

В литейных цехах для изготовления наиболее употребительных песчаных форм применяют разнообразные формовочные и стержневые смеси, свойства и состав которых зависят от рода металла, конфигурации и массы отливок, а также от технологии приготовления формы или стержня.

Рецепты формовочных и стержневых смесей для проектных расчетов выбираются в зависимости от принятых технологических процессов.

Подготовка оборотной смеси. Компонентом большинства формовочных смесей, помимо свежих формовочных материалов, поступающих со склада в подготовленном виде, является в больших количествах оборотная смесь, т.е. смесь, бывшая в употреблении, выбитая из опок и вновь направляемая в сме-сприготовительное отделение для повторного использования.

Подготовка оборотной смеси включает следующие операции: раздавливание комьев, извлечение и удаление металлических вклю-

чений и скрапа, просев для удаления оставшихся комьев и неметаллических включений, охлаждение и стабилизацию заданных технологическим процессом температуры и влажности.

Отделения очистки и термообработки предназначены для выбивки стержней из отливок и отбивки литников, очистки и зачистки отливок, их термообработки.

Количество термических печей определяют исходя из данных продолжительности цикла термообработки.

Для расчета площади пода печей следует исходить из допускаемых нагрузок на под печи.

Для исключения ручного труда и улучшения качества плоскости реза применяют установки для механизированной отрезки прибылей крупных отливок.

Для удаления прибылей колесных центров, букс, тракторных ведущих колес и других отливок, имеющих форму тел вращения, применяют специальные механизированные установки с вращающимся столом.

Для отрезки прибылей в литейных цехах с мелкосерийным и индивидуальным производством применяют универсальные установки, смонтированные на консольном кране с телескопическим подъемником.

Для резки и поверхностной строжки углеродистых, высоколегированных хромистых и хромоникелевых сталей, для резки чугуна, меди, латуни и бронзы применяют кислородно-флюсовую обработку.

Участки цеха, выделенные для газоплюсовой обработки, должны быть оснащены усиленной приточно-вытяжной вентиляцией, так как процесс сопровождается значительным выделением газа.

Наряду с газокислородной и кислородно-флюсовой обработкой отливок, применяют электродуговую обработку в виде дуговой резки металлическим или угольным электродом, кислородно-электродуговой резки, воздушно-дуговой и плазменно-дуговой резки в среде защитных газов. По качеству реза и производительности кислородно-электродуговая резка превосходит резку металлическим и угольным электродом.

Воздушно-дуговую обработку металла применяют для резки и поверхностной зачистки и строжки отливок из углеродистой и легированной сталей, чугуна и цветных металлов.

Плазменную обработку электрической дугой в защитном газе (азот, аргон) применяют для резки и зачистки отливок из тугоплавких цветных сплавов и из коррозионно-стойкой стали.

Для удаления стержней, пригара и оставшейся формовочной смеси крупных и тяжелых чугунных и стальных отливок применяют водоструйную (гидравлическую) очистку при давлении 10...20 МПа. Учитывая, что сооружения для гидравлической очистки требуют значительных капитальных затрат, такие установки целесообразно применять для очистки в них не менее 10...20 тыс. т отливок в год.

Для отливок с мелкосерийным и индивидуальным характером производства применяют гидроочистные установки периодического действия. Гидроочистные установки непрерывного действия применяют при крупносерийном и массовом производстве.

Для выбивки стержней и очистки отливок от остатков формовочных смесей применяют электрогидравлические установки, работающие на принципе использования энергии высоковольтных электрических разрядов в воде между специальным электродом и поверхностью отливки (электрогидравлический эффект).

Для одновременной выбивки стержней, очистки мелких и средних отливок от формовочной смеси, пригара, отбивки литников и удаления заусенцев и заливов применяют галтовочные барабаны.

Барабаны периодического действия находят меньшее применение вследствие неудовлетворительных санитарно-гигиенических условий их эксплуатации и малой производительности. Такие барабаны используют для единичного мелкосерийного производства отливок с малым годовым выпуском.

Галтовочные барабаны непрерывного действия применяют в поточном производстве отливок. В таких барабанах производят выбивку стержней, предварительную очистку отливок и отбивку литников.

Для очистки отливок применяются следующие виды дробеметных установок:

барабаны периодического или непрерывного действия;

очистные столы;

камеры периодического или непрерывного действия.

Дробеметные барабаны периодического действия предназначены для очистки от пригара и окалины мелких и средних отливок.

Дробеметные барабаны непрерывного действия используют для очистки мелких и средних отливок на потоке.

Дробеметные очистные столы с периодическим и непрерывным вращением применяют

для очистки отливок массой 100...500 кг при небольшом масштабе производства.

Дробеметные камеры периодического действия предназначены для очистки крупных отливок (массой более 1 т).

В массовом и крупносерийном производстве применяют дробеметные камеры непрерывного действия.

Камеры состоят из дробеметных аппаратов и системы циркуляции и распределения дробы по дробеметным аппаратам, с оборудованием для просева и сепарации дробы, с подвесным цепным конвейером с вращающимися подвесками.

При серийном и массовом производстве для термообработки используют проходные печи, а также механизированные и автоматизированные агрегаты, состоящие из проходных печей с механизмами для разгрузки и возврата поддонов, для подачи отливок в закалочные или охлаждающие баки и извлечения отливок, для передачи поддонов с отливками из одной печи в другую и для выполнения других операций в зависимости от заданного режима термообработки.

На участках исправления дефектов отливок для предварительного нагрева перед заваркой и последующего отжига отливок в условиях поточного производства применяют также проходные печи.

Отделения термообработки и очистки, как правило, отгораживают от других участков литейного цеха для предотвращения проникновения пыли и шума в зоны литейного цеха с более благоприятными условиями труда. Отдельные участки отделения располагают с учетом последовательности выполняемых операций так, чтобы по возможности сократить протяженность межоперационных грузопотоков. Такое оборудование, как выбивные решетки и установки для выбивки стержней, галтовочные и дробеметные барабаны и камеры, необходимо изолировать в отдельные помещения или в индивидуальные укрытия.

В двухэтажных литейных цехах производственные участки термообработки и очистки располагают обычно на втором этаже здания. Первый этаж отводят под уборочные транспортные системы, склады литья, кладовые, трансформаторные подстанции, вентиляционное оборудование и другие вспомогательные службы.

В литейных цехах массового и крупносерийного производства организуют поточные

линии очистки и зачистки отливок, которые являются продолжением поточных линий формовки, заливки и выбивки.

Целесообразность выбора технологических процессов для изготовления отливок специальными способами литья (по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, в металлические формы — центробежное, кокильное, под давлением и др.) в проектируемых цехах определяется специфическими требованиями, предъявляемыми к отливке техническими условиями на деталь и технологическим процессом последующей обработки отливок; самым главным фактором выбора оптимального технологического процесса служат отличительные характерные технологические особенности каждого специального способа. В случае перевода изготовления заготовок на литье взамен горячей штамповки, сварки и изготовления машиностроительных деталей из проката необходимо сравнивать технико-экономические показатели изготовления деталей. Первостепенное значение имеют такие факторы, как экономия производственных площадей, повышение производительности труда, снижение себестоимости и повышение качества продукции по всему технологическому циклу изготовления деталей, включая и механическую обработку заготовок.

Основой расчета производственной мощности цеха должно быть формовочное отделение, а для литья в металлические формы — машины литья под давлением: кокильные и центробежные.

Учитывая сложность и высокую трудоемкость изготовления отливок по выплавляемым моделям, целесообразно применять данный способ для следующих категорий отливок деталей:

- очень сложных по геометрии, получение которых другими способами связано с большими затратами труда и времени на механическую обработку;

- менее сложных, но отливаемых из дорогостоящих сплавов, получение которых другими способами связано с повышенными отходами металла в виде стружки при механической обработке;

- из труднообрабатываемых сплавов;

- тонкостенных, с толщиной 0,5...1,0 мм, получение которых возможно лишь при заливке металла в горячие формы.

Оборудование для изготовления прессформ в индивидуальном и мелкосерийном

производстве выбирают в зависимости от предусматриваемых материалов и способов изготовления из них формообразующей оснастки. Для серийного и массового производства отливок изготовление пресс-форм рекомендуется предусматривать в инструментально-модельных цехах, а в литейном цехе предусматривать только ремонт и поддержание оснастки в соответствии с технологическими требованиями.

В цехах литья по выплавляемым моделям для получения жидкого металла обычно применяют индукционные печи.

Для финишных операций и термообработки применяют обычно оборудование, принятое в очистных отделениях литейных цехов (наждачные станки, прессы, печи нормализации).

При проектировании цехов серийного и массового производства рекомендуется использовать автоматические линии.

Эти линии рассчитаны на выполнение следующих операций:

- приготовление модельных составов и изготовление модельных зеньев;
- приготовление огнеупорной суспензии, ее хранение и транспортирование;
- изготовление керамических форм;
- обжиг керамических оболочек, их заливку и выбивку;
- очистку от керамики и отделение деталей от стояка.

Литье в оболочковые формы применяют тогда, когда это технологически необходимо, например, для отливки крупных ребристых цилиндров автомобильных, тракторных и мотоциклетных двигателей с воздушным охлаждением.

На литье в оболочковые формы можно переводить следующие группы заготовок из черных сплавов:

- традиционно изготавливаемые из поковок, если это значительно снизит расход металла и трудоемкость механической обработки, а также улучшит эксплуатационные свойства;
- изготавливаемые сваркой, если это уменьшит суммарную трудоемкость процессов сварки и механической обработки;
- литые, перевод которых с литья в песчано-глинистые формы на литье в оболочковые формы снизит расход металла, трудоемкость формовки, очистки и механической обработки, а во многих случаях может уменьшить количество потерь от брака по вине формовочных смесей и форм;

– литые детали сложной конфигурации, требующие установки стержней при отливке в обычные разовые формы и не требующие установки стержней при отливке в оболочковые формы, так как в этих формах можно получать внутренние отверстия в отливках при помощи специальных "болванов".

Применение центробежного литья дает наибольший технико-экономический эффект для отливок тел вращения. К числу этих изделий относятся: трубы различного назначения из чугуна, стали, цветных металлов, жаростойких, коррозионно-устойчивых и твердых сплавов; втулки, гильзы цилиндров автомобильных, тракторных и других двигателей, маслоотъематели для поршневых колец, полые крупногабаритные стальные слитки, кольца подшипников качения, бандажные железнодорожные и трамвайные.

Помимо тел вращения, центробежный метод изготовления применяют для получения фасонных деталей, подобных звездочкам, зубчатым колесам, турбинным дискам с лопатками, а также для отливок арматуры, зуботехнических и ювелирных изделий. Большое распространение метод получил при отливке биметаллических изделий.

При этом способе металлические изложницы без покрытия целесообразно использовать только при массовой отливке однораструбных водопроводных труб средних размеров и небольшой длины.

Металлические изложницы с теплоизолирующим покрытием и поточная организация наиболее выгодны для массового производства однораструбных чугунных труб малых и средних размеров и канализационных труб.

Центробежная отливка в песчаные формы (сырые и сухие) наиболее целесообразна при изготовлении двухраструбных, двухфланцевых труб, труб большого диаметра и длины, а также при серийном производстве труб различных типоразмеров.

Литье в металлические формы (кокили) является развивающимся технологическим процессом. Высокая стоимость оснастки, особенно при изготовлении отливок из тугоплавких металлов, обуславливает рентабельность кокильного литья только в крупносерийном производстве.

В небольших цехах применяют однопозиционные машины для литья в кокиль. В цехах с большим выпуском литья рекомендуются многопозиционные карусели с установленными на них 6...12 машинами.

В практике проектирования однопозиционные или двухпозиционные кокильные машины устанавливают в поточные технологические линии, в которых предусмотрены систематическое обеспечение машин жидким металлом, механизированная уборка отливок и остатков металла, последовательная работа машин по технологическому циклу. В отдельных случаях кокильные машины и станки можно размещать на конвейере, при этом допускается применение съемных кокилей. Карусельно-кокильные машины также размещают в цехе по поточно-технологическому принципу.

Литье под давлением можно применять в производстве отливок из всех видов цветных и черных сплавов.

Но большие расходы на изготовление оснастки и ее содержание, поглощающие значительную долю экономии от снижения трудоемкости, предопределили применение этого способа для производства, в основном, отливок из магниевых, цинковых, алюминиевых и медных сплавов в крупносерийном и массовом производствах.

Литье под давлением применяют обычно для изготовления весьма тонкостенных отливок, которые не могут быть выполнены с такой высокой производительностью другими способами. Из сплавов цветных металлов этим способом получают отливки с толщиной стенок менее 4 мм.

Наименьшая допускаемая толщина стенок отливки зависит от давления на сплав в камере прессования машины: чем оно больше, тем более тонкие стенки отливок могут быть получены.

Высокая точность размеров отливок позволяет выпускать их почти без механической обработки. Иногда требуется лишь сверление мелких отверстий, нарезание мелких резьб, зачистка заусенцев и облоя и отделка опорных поверхностей.

Широкое распространение получает литье под низким давлением с применением песчаных стержней, которому несвойственно большинство технологических недостатков, присущих процессу обычного литья под давлением.

Для получения отливок из легкоплавких сплавов на основе свинца, олова и цинка применяют машины с горячей камерой прессования. Эти машины не рекомендуются для изготовления отливок из более тугоплавких сплавов на основе алюминия, магния и меди.

Машины с горячей камерой прессования можно иногда использовать для производства алюминиевых отливок, не подвергаемых дальнейшей обработке. Если от этих отливок требуются повышенная плотность и повышенные механические свойства, то применяют машины с холодными камерами прессования. Наиболее распространены машины с горизонтальными камерами прессования.

На участках финишных операций в зависимости от характера отливок следует предусматривать:

- прессы и высокопроизводительные обрезные станки для удаления облоя и литников, галтовочные барабаны с автоматизированной загрузкой;
- барабаны с резиновой облицовкой и стальными шарами и конусами;
- стальные щетки, абразивные ленты и полировальные круги для зачистки отливок и т.д.

При проектировании цехов литья под давлением необходимо учитывать следующие требования техники безопасности: для выемки деталей из формы и снятия пресс-формы следует предусматривать специальные приспособления, а также установку оградительных щитов, защищающих от брызг металла во время прессования.

Материалы для изготовления форм: формовочные пески, пылевидный кварц (маршалит), формовочные глины и бентонит, крепители и реагенты, огнеупорные материалы, краски и др.

Материалы для плавки черных металлов (чугун, сталь): чушковые литейные чугуны, стальной и чугунный лом и стружка, ферросплавы, флюсы и др.

Материалы для плавки цветных металлов: первичные и вторичные сплавы в чушках (алюминий, силумин, магний, олово, свинец, цинк и др.), лом и отходы, флюсы.

Топливо – твердое (в основном кокс), жидкое, газообразное.

Огнеупорные и теплоизоляционные материалы – для футеровки печей и ковшей.

Правильная организация разгрузки, хранения и подготовки свежих, а также и оборотных материалов – важная задача, решаемая при проектировании литейных цехов. Для бесперебойной работы необходимо иметь минимальный, но достаточный для обеспечения нормальной работы цеха запас всех необходимых формовочных и шихтовых материалов.

Величину запаса на складе определяют в календарных сутках в зависимости от климатического пояса, в котором размещен литейный цех, и от вида транспорта, доставляющего материалы.

Все формовочные и шихтовые материалы, как правило, следует хранить в закрытых помещениях (формовочные материалы и кокс при температуре не ниже $+5^{\circ}\text{C}$), помещения только для хранения шихтовых материалов могут не отапливаться.

Формовочные пески сухие и сырые хранят раздельно, в большинстве случаев, в железобетонных закромах. В механизированных складах сырые и сухие пески хранят в металлических или железобетонных бункерах. Сухой песок при большом объеме запаса рекомендуется хранить в железобетонных или металлических силосах вне здания склада, тогда как в помещении отапливаемого склада хранят только сырой песок и размещают установки для сушки и подготовки формовочных материалов. Сырую глину хранят в приемных ямах или железобетонных закромах, сухую молотую глину и бентонит – в закрытых металлических бункерах и емкостях.

Жидкие крепители хранят в цистернах, установленных в подземном отапливаемом помещении. Их целесообразно хранить вместе с горюче-смазочными материалами в специальных складах, там же размещают участки по их подготовке.

Чугунный и стальной лом хранят на вымощенных или бетонированных площадках раздельно по видам и габаритам, разделанный лом – в закромах.

Чушки цветных металлов хранят в закрываемом помещении на поддонах в грузовых пакетах. Высота пакета определяется грузоподъемностью электропогрузчика, применяемого для их транспортирования.

Стружку и отходы цветных сплавов хранят в металлических закрывающихся ящиках, распределенных по сплавам, виду и качеству. При хранении легкозагорающихся отходов магния и алюминия необходимо соблюдать специальные правила противопожарной безопасности.

Доменные ферросплавы хранят в закромах или реже в контейнерах, электротермические ферросплавы – в контейнерах или в таре поставщика. Из-за высокой стоимости ферровольфрам, ферромолбден, феррованадий, ферротитан и феррохром рекомендуется хранить в закрываемом помещении или на центральном заводском складе в таре поставщика.

Кокс располагают в закромах, приемных ямах или бункерах, обязательно в сухом закрытом помещении.

Все виды огнеупоров хранят в закрытых холодных складах в контейнерах, пакетах или штабелях на мощеных площадках.

Проектирование складов формовочных и шихтовых материалов рекомендуется выполнять с учетом следующих основных положений.

Для литейных заводов, имеющих в своем составе несколько литейных цехов, хранение формовочных и шихтовых материалов проектируют в базисных складах. В этих же зданиях обычно размещают цехи или отделения по подготовке этих материалов к использованию. Расположение базисных складов по отношению к литейным цехам должно обеспечивать рациональные грузопотоки материалов.

В случаях, если это обусловлено компоновкой генплана завода, склады формовочных материалов, кокса и шихтовых материалов, а также цехи и отделения по их подготовке размещают в отдельных зданиях.

Оптимальным видом транспорта сухого песка и прочих подготовленных сыпучих материалов из склада в цехи является пневмотранспорт, в отдельных случаях допускается транспорт ленточными конвейерами.

Транспорт всех шихтовых материалов и кокса в литейные цехи рекомендуется осуществлять большегрузным автотранспортом в специальных контейнерах. Такие транспортные решения уменьшают количество перегрузок, обеспечивают чистоту и порядок в шихтовых отделениях литейных цехов и позволяют свести к минимуму размеры площадки, занятой заводом.

Для машиностроительных заводов с одним литейным цехом склад формовочных и шихтовых материалов проектируют при цехе. В этих случаях, для подачи материалов к местам потребления используют внутрицеховой транспорт.

Помещение для разгрузки вагонов следует размещать в отдельном здании или в пристройке к складу.

Сырой песок доставляют на склад в саморазгружающихся вагонах.

Разгруженный сырой песок транспортируют в отапливаемый склад сырого песка, емкость которого должна позволить разместить в нем весь единовременно прибывший песок.

После сушки и соответствующей обработки сухой песок доставляют непрерывным транспортом на склад сухого песка, который обычно размещается в железобетонных силосных башнях, откуда транспортируется потребителям пневмотранспортом.

Для складов меньшей емкости при литейных цехах рекомендуется упрощенная организация разгрузки и хранения кварцевых песков: вагоны с сырым песком разгружают в приемную яму. Приемную яму в таких складах используют как часть склада сырого песка. Специального склада сырого песка не проектируют. Весь песок хранят в железобетонных закромах.

Передачу сырого песка из приемной ямы в закрома и из закромов в сушильные устройства или в цех для использования производят грейферными кранами (обычно грузоподъемностью 5 т с моторными грейферами емкостью $1,5 \text{ м}^3$).

Сырую глину доставляют на склад на открытых платформах. Разгрузку глины и угля в складах всех типов производят в приемные ямы, в большинстве случаев, грейферным краном. Из приемной ямы сырую глину и уголь грейфером перегружают в закрома, аналогичные применяемым для песка, из которых с помощью того же механизма доставляют к агрегатам для подготовки к использованию.

Значительное количество формовочных материалов доставляют на склады в размолотом виде, готовыми к применению (бентонит, шамотный порошок, высокоогнеупорные добавки, феррохромовый шлак, цемент, pulverbakeлит, пылевидный кварц, графит и др.).

Пылевидные материалы доставляют в металлических плотно закрытых контейнерах на открытых платформах, в бумажных пакетах в закрытых вагонах или специальными автомашинами — цементовозами. Устройства для разгрузки проектируют в зависимости от вида транспорта и упаковки материала. Эти условия должны определяться заданием на проектирование.

Разгрузку платформ с контейнерами производят мостовыми кранами. Эти же контейнеры служат также и для хранения материалов, для чего на складе нужно предусмотреть соответствующую площадь. Желательно также, чтобы контейнеры подавались непосредственно к местам потребления, тогда перегрузки, а следовательно, потери и пыление будут исключены полностью.

Разгрузку бумажных пакетов из крытых вагонов или из кузовов грузовых автомобилей рекомендуется производить на специальную разгрузочную платформу электропогрузчиками. Для облегчения этой операции желательно, чтобы пакеты в вагонах были уложены на транспортные поддоны. Можно также использовать передвижные ленточные конвейеры.

Для разгрузки автоцементовозов, снабженных устройствами для пневмовыгрузки, рядом с приемной площадкой сооружают герметичные приемные бункера. В эти бункера пылевидные материалы перекачивают пневмонасосом автомашины, затем, в случае необходимости, перекачивают стационарным пневмотранспортом в бункера-хранилища этих материалов.

Чушковые чугуны и доменные ферросплавы, как правило, прибывают в саморазгружающихся вагонах, поэтому разгрузку их производят прямо в приемные ямы, расположенные обычно по обе стороны железнодорожного пути.

Чугунный и стальной лом, прибывающий на склад в открытых платформах, разгружают грузоподъемным магнитом при помощи железнодорожного или мостового крана. Тем же способом неразделанный лом доставляют на участки разделки, а разделанный — в закрома для хранения или в контейнеры для отправки в плавильное отделение.

Транспортирование металлических шихтовых материалов из базисного склада, как указывалось выше, в цехи-потребители рекомендуется в специальных контейнерах или в корзинах для загрузки электропечей. Для загрузки контейнеров или корзин на складах применяют магнитные краны.

Ферросплавы немагнитные и чушки цветных металлов, прибывающие навалом, разгружают на разгрузочную площадку и затем электропогрузчиком с ковшом перегружают в закрома или контейнеры для хранения и дальнейшего транспортирования. Для разгрузки вагонов с немагнитными штучными материалами можно также применять передвижные ленточные конвейеры.

Чушки цветных металлов, прибывающие уложенными на поддонах, разгружают и перевозят на склад и в цехи электропогрузчиками.

Кокс поступает только в саморазгружающихся вагонах (гондолах). Для быстрой разгрузки такого состава на базисных и других складах большой емкости проектируют точеч-

ные устройства, аналогичные устройствам для разгрузки формовочных песков или ряд подземных бункеров по всей длине разгрузки, являющихся одновременно и хранилищем кокса.

Отдельно стоящие помещения с точечными устройствами иногда делают общими для разгрузки песка и кокса при условии ввода в него двух параллельных железнодорожных путей: одного для подачи вагонов с коксом, другого — для вагонов с песком.

Разгруженный в точечном устройстве кокс передается системой непрерывного транспорта большой производительности в бункера — хранилища кокса, откуда по мере надобности доставляется к местам потребления.

Для складов меньшей емкости при литейных цехах вагоны с коксом разгружают в приемную яму. Распределение кокса по закрому и транспортировка кокса из приемной ямы в хранилища производятся грейферным краном.

При проектировании транспорта для кокса следует иметь в виду, что этот материал легко крошится, влажный кокс на морозе разрушается. В связи с этим, при проектировании разгрузки и транспортирования кокса следует соблюдать следующие правила: разгрузочные помещения, приемный бункер и траншеи должны быть защищены от дождя и снега. В приемных бункерах холодных разгрузочных помещений кокс не должен задерживаться, количество перегрузок должно быть минимальным.

Известняк и другие флюсы поступают на склад в открытых полувагонах или на платформах, как правило, в дробленом виде, их разгружают в приемную траншею, из которой грейфером передают в закрома для хранения и затем также грейфером и системой ленточных конвейеров транспортируют в расходные бункера для шихтовки.

Для разгрузки и транспортирования дробленого известняка на базисных складах и складах большой емкости целесообразно использовать те же разгрузочные и транспортные устройства, что и для кокса, посредством которых известняк транспортируют в свои надземные бункера-хранилища, смежные с бункерами для хранения кокса, оттуда, либо непосредственно ленточными конвейерами в бункера для шихтовки, либо в контейнеры для транспортирования наземным транспортом в литейные цехи.

Недробленный известняк, поступающий на открытые платформы, разгружают грейфе-

ром в траншею или на специальную площадку, размещенную рядом с вагоном.

Для получения жидкого металла высококачественных легированных марок сталей, с низким содержанием водорода, азота, серы и др., по технологическим условиям необходимо применение, вместо известняка, порошкообразной или мелкофракционной извести. Собственное производство этого материала требует не только дополнительных затрат и специального оборудования, но и решений по охране окружающей среды, что не всегда возможно в условиях действующего машиностроительного предприятия.

В связи с этим возникает необходимость принятия решений о поставке готовой к употреблению извести от специализированных источников ее изготовления.

Аналогично может рассматриваться возможность получения со стороны готового качественного угольного порошка (порошкообразный углерод), вместо организации собственной переработки обычного угля (кокса).

Огнеупорные изделия, прибывающие в крытых вагонах или на платформах в сплошной укладке, разгружают с применением подвижных ленточных конвейеров, причем изделия укладывают в контейнеры или на поддоны. Дальнейшее транспортирование огнеупорных изделий на склад и к местам потребления производят в таре мостовыми кранами или электропогрузчиками. Если огнеупорные изделия прибывают в крытых вагонах, уложенными в контейнеры, то разгрузку их производят электропогрузчиками непосредственно из вагонов. Такими же электропогрузчиками производят и дальнейшее транспортирование огнеупоров в контейнерах к местам складирования и затем к потребителям.

Склады шихты и формовочных материалов не являются пожаро- и взрывоопасными помещениями, кроме участков хранения сгораемых материалов: торфяной крошки, каменноугольной пыли, древесного угля, при проектировании которых необходимо предусматривать специальные мероприятия.

Широкое применение автоматизации производственных процессов требует высокой стабильности всех показателей формовочных и стержневых материалов. Обработку материалов целесообразнее выполнять в местах их добычи, с тем чтобы литейные цехи-потребители получали материалы полностью подготовленными к использованию. Однако

это не всегда делается, и приходится предусматривать необходимую обработку в специальных отделениях при складах формовочных материалов или при литейных цехах.

Формовочные пески проходят следующие подготовительные операции:

- разрыхление и дробление комьев песка при разгрузке в случае получения смерзшегося песка;

- просев сырого песка.

Глина формовочная или бентонит в кусках проходят следующие операции:

- измельчение комков;

- магнитная сепарация для удаления металлических включений;

- размол и просев.

Опилки древесные, торфяную и асбестовую крошку просеивают.

Высокоогнеупорные материалы (шамот, хромистый железняк, магнезит и др.) дробят в бегунах или валковых дробилках и просеивают.

Каменный уголь для получения порошка сушат, дробят в валковой дробилке, проводят магнитную операцию, затем мелют и подвергают воздушной классификации.

Все пылевидные материалы, получаемые в готовом размолотом виде в бумажных мешках (глина, бентонит, угольная пыль, маршалит, графит и др.), требуют только удаления тары.

Крепители жидкие, поставляемые в цистернах, в холодное время года подогревают при сливе. Их технологические параметры (концентрацию и состав) доводят до заданных в баках и мешалках.

Крепители густые, поставляемые в бочках, разводят водой до заданных параметров в мешалках.

Крепители твердые в кусках дробят и просеивают.

Организационно участки подготовки формовочных материалов рекомендуется создавать при складах.

Установки для регенерации песка. Назначение установок – выделение из отвалных, непригодных к непосредственному использованию в литейном цехе, смесей годных продуктов: регенерированного песка и металлических включений, при этом вода и воздух, участвующие в процессах регенерации, должны быть, в свою очередь, очищены до установленных норм.

Существуют "мокрые", "сухие" и "комбинированные" схемы регенерационных систем.

При проектировании новых литейных цехов рекомендуется:

- участок переработки сухих отвалных смесей размещать в изолированном помещении литейного цеха рядом с централизованным местом сбора и вывоза сухих отвалных смесей автотранспортом;

- участок получения регенерированного песка – на складе формовочных материалов (при этом сушильные и транспортные устройства для свежего песка и регенерата могут быть общими);

- участок осветления воды – в отдельном здании (помещении) или на складе формовочных материалов;

- участок сгущения шлама, при отсутствии централизованного шламонакопителя, совместно с участком осветления воды.

Отделения для подготовки шихтовых материалов. Почти все шихтовые материалы перед поступлением в производство подвергаются подготовительной обработке. Автоматизация транспортных и дозирочных операций требует обычно более мелкой разделки, стабильности формы и массы шихтовых материалов. Дополнительные затраты на операции подготовки шихтовых материалов обычно вполне рентабельны.

Чушковые чугуны подвергают разламыванию по пережигам.

Стальной чугунный лом – привозной, как правило, поступает разделанный. Куски лома не должны превышать размеры и массу, указанные для лома соответствующего назначения. Литники, прибыли и брак своего завода – оборотный лом – очищают от пригара и земли в очистных барабанах и затем разделяют, с тем чтобы их размеры и масса не превышали норм, установленных для соответствующего привозного лома. Стальной лом, поступающий в виде отходов металлопроката, подвергают огневой и механической резке.

Чугунную и стальную стружку брикетируют холодным или горячим способом.

Первичные и вторичные цветные металлы, поставляемые в чушках небольшого размера, обычно не дробят. Однако, в случае необходимости, при плавке цветных металлов в печах малой емкости, их приходится резать или дробить.

Флюсы (известняк, доломит или плавленый шпат), как правило, поступают дроблеными. В случае получения недробленых флюсов их необходимо раздробить и просеять.

Кокс сортируют для отсева мелочи.

Огнеупорные изделия поступают в готовом виде, подготовительных операций не требуют.

Для разделки негабаритных бракованных чугунных и стальных отливок, машинного лома, других крупногабаритных отходов и скрапа применяют копры.

Копер состоит из шабота — массивной литой плиты, на которую укладывают разбиваемый лом, стального падающего на него бойного шара и механизма для его подъема. Бойное место копра должно быть ограждено.

По форме ограждения копры делят на башенные и открытые.

Башенные копры имеют ограждение в форме закрытой пирамиды. Такие копры отличаются малой мощностью, малой производительностью и создают тяжелые условия труда.

Открытые копры размещают в крановых пролетах или на эстакадах и обслуживают мостовым магнитным краном. Стальной бойный шар поднимают специальным грузовым магнитом. Такой магнит подвешивают на крановую тележку, движущуюся по неподвижным балкам, или на специальный мостовой магнитный кран. Управление передвижением этих механизмов, а также подъемом и сбрасыванием шара — дистанционное с пульта, размещенного в укрытии.

В состав вспомогательных служб и помещений литейных цехов входят:

- ремонтная служба цеха;
- участок текущего ремонта технологической оснастки и модельных комплектов;
- участок ремонта ковшей, тиглей и съемных сводов печей;
- экспресс-лаборатории для постоянного контроля состава жидкого металла и свойств формовочных смесей;

— цеховые кладовые и конторы мастеров.

Ремонтная служба цеха выполняет только межремонтное обслуживание.

Ковшовые отделения размещают, как правило, рядом с плавильным отделением, в том же пролете, где производят разливку жидкого металла.

Металлургическая и земельная экспресс-лаборатории предназначены для оперативного контроля металла и формовочных смесей. Они работают под методическим руководством и контролем центральной заводской лаборатории.

Металлургические лаборатории размещают возможно ближе к рабочей площадке

печей. Если это невозможно, то лабораторию связывают с печами пневмотранспортом для быстрой доставки проб.

Задачей земельной экспресс-лаборатории является контроль показаний автоматических приборов и систематическое определение основных физических параметров формовочных и стержневых смесей в процессе их приготовления и на рабочих местах.

Земельная экспресс-лаборатория, как правило, размещается в помещении смесеприготовительного отделения, с удобным выходом на площадку обслуживания бегунов.

Хранение вспомогательных материалов, инструмента и запасных частей оборудования осуществляется в цеховых кладовых. Площади кладовых предусматриваются в зависимости от принятого технологического процесса, выпуска цеха и серийности производства.

Цеховые кладовые и конторы мастеров размещают на первом этаже бытовых помещений в местах, удобных для посещения, и на площадях основных отделений в местах, непригодных для производственных операций (площади, не обслуживаемые кранами, между колоннами здания, под площадками и пр.). Размеры и размещение кладовых и контор определяют при разработке планов литейных цехов.

В литейных цехах широко применяют многие конвейерные машины и механизмы, которые в сочетании с машинами технологическими и различными вспомогательными устройствами (бункерами, затворами, желобами и т.п.) составляют комплексные механизированные и автоматизированные системы и установки.

Ленточные конвейеры широко применяют в литейных цехах для транспортирования: формовочных песков, готовых смесей, горелых земель, отходов (отсевы, просыпы, выбитые стержни, отходы в очистных отделениях), кокса и известняка, мелких литников; а также для межоперационных передач в поточных линиях стержневых и обрубных отделений.

В литейных цехах преимущественное применение имеют вертикальные ленточные ковшовые элеваторы. Эти элеваторы используют для перемещения по вертикальному направлению следующих материалов:

- сухого формовочного песка в складские емкости или в бункера смесеприготовительных установок;
- сырого песка в бункера сушильных установок или в закрома складов;

- сухой немолотой глины (в мелких комьях) после сушильных печей в бункера размольных установок;

- горелых земель в бункера запаса или бункера смесеприготовительных установок;

- формовочных смесей при подаче их в бункера-отстойники, а также в раздаточные бункера над формовочными агрегатами или у мест формовки;

- земельных отходов в бункера для последующей погрузки на железнодорожный или автомобильный транспорт.

Элеваторы надежно работают при транспортировании сухих и хорошо сыпучих мелкозернистых материалов и при равномерной подаче их в загрузочные лотки.

По этим причинам для готовых формовочных смесей элеваторы применяют при небольших производствах или в тех случаях, когда особенно стесненные местные условия исключают установку наклонных ленточных конвейеров.

Для транспортирования литейных форм применяют следующие типы конвейеров: тележечные горизонтально-замкнутые и вертикально-замкнутые. Эти конвейеры обычно называют литейными.

Вертикально-замкнутые литейные конвейеры применяют редко, они являются машинами индивидуального исполнения. Конвейеры непрерывного действия используют для мелких форм, перемещение средних и крупных форм механизмируют конвейерами периодического действия. Нижние охлаждающие ветви этих конвейеров размещают в приямах или подвальных помещениях цеха.

Для механизации перемещения форм применяют также специальные роликовые и тележечные устройства периодического действия, сблокированные с формовочными и другими технологическими машинами, работающие с ними в едином цикле и входящие в комплект оборудования автоматизированных формовочных линий.

Для облегчения и удобства выполнения операций по заливке форм на литейном конвейере с непрерывным движением используют заливочные площадки: стационарные и движущиеся синхронно с конвейером.

Пластинчатые конвейеры применяются для транспортирования следующих грузов:

- средних и мелких отливок от мест выбивки в очистные отделения, на конвейере происходит остывание отливок и выполняют

операции по отбивке литников и сортировке литья;

- средних и мелких отливок для межоперационной передачи их в отделениях очистки, обрубки и термообработки;

- литников от мест выбивки отливок или из очистных отделений на склад шихтовых материалов;

- пустых опок от мест выбивки форм к формовочным машинам.

Винтовые конвейеры (шнеки) применяют для транспортирования молотых глины и угля и раздачи этих материалов по бункерам, а также для транспортирования сухой немолотой глины после сушильных печей.

В литейных цехах крупносерийного и массового производств находят широкое применение подвесные конвейеры – грузонесущие и толкающие.

Основным достоинством этих конвейеров считается возможность выполнения их трасс по сложным пространственным контурам, что позволяет бесперегрузочно доставлять грузы во многие пункты, расположенные на разных уровнях и значительно удаленные друг от друга, без загромождения рабочих площадей, цеховых проездов и проходов. В необходимых случаях эти конвейеры (особенно толкающие) позволяют создавать подвесные склады (заделы) грузов, необходимые перед соответствующими технологическими операциями.

Подвесные грузонесущие конвейеры механизмируют транспортирование:

- отливок от мест выбивки (или окильных машин) в отделения очистки и обрубки, к пунктам выбивки стержней (или к местам обрезки литников); при этом на конвейере обычно происходит охлаждение отливок, и поэтому такие конвейеры называются охлаждающими;

- отливок в отделениях обрубки и очистки литья; на участках очистки, окраски и других операций в этих случаях отливки на конвейере проходят очистные камеры, окрасочные ванны, сушильные установки и т.д.;

- готовых отливок на склады литья и в цехи механической обработки;

- стержней на участках их изготовления (сушка, окраска, склейка и пр.) и на склады готовых стержней, а также к местам сборки форм; конвейеры в этих случаях могут служить также подвесными складами стержней;

- мелких форм, полуформ, отливок и прочих грузов в отделениях и цехах специальных способов литья;

- литников и брака литья на склад шихтовых материалов.

Мелкие отливки и литники транспортируют обычно навалом в металлических коробах, лотках или корзинах, крупные отливки – на крюковых и клещевых подвесках, литейные формы – на полочных подвесках, стержни – на многополочных подвесках-этажерках.

Пневмотранспорт в литейных цехах широко применяют для пылевидных материалов: глины, бентонита и угля, а также для сухих формовочных песков.

Основные достоинства пневмотранспорта состоят в малых габаритах транспортного трубопровода, в возможности размещения его по пространственной трассе практически в любых местных условиях и в сохранении материала от распыления при его перемещении, т.е. в гигиеничности этих установок.

Состав производственных и вспомогательных участков и оборудования, входящих в комплекс литейного цеха, должен обеспечивать выполнение всего технологического процесса производства отливок, предусмотренных производственной программой цеха, включая, в случае целесообразности, грунтовку и первичную обработку.

Практика проектирования литейных цехов показывает, что в современных условиях невозможно рационально разместить на одном уровне весь необходимый для этой цели комплекс помещений и оборудования технологического, транспортного, санитарно-технического и энергетического назначений. Это вынуждает сооружать обширные подвалы, туннели, площадки и антресоли, причем подвалы трудно выполнимы в случае высокого уровня грунтовых вод. Поэтому отечественная практика проектирования большинства литейных цехов с массой отливки до 1000 кг предусматривает двухэтажные здания.

При этом на первом этаже размещают вентиляционное, сантехническое оборудование, трансформаторные силовые и печные подстанции, тепловые вводы, оборудование непрерывного транспорта (пластинчатые, ленточные, подвесные и другие конвейеры), технологическое оборудование с вредными выделениями и подлежащее локализации (выбывные установки, охлаждаемые конвейеры, галтовочные барабаны и пр.), пульта управления, склады оснастки, литья и др.

На втором этаже размещают основные производственные отделения: плавильные, формовочные, стержневые, термической обработки и обрубные, грунтовочные, приготовления стержневых смесей.

В одноэтажных зданиях размещение перечисленного выше вспомогательного оборудования рекомендуется в специальных вставках между пролетами шириной 6, 9, 12 м, на антресолях и площадках, в подвалах и на специальных этажах бытовых помещений. Стержневые отделения и отделения термической обработки и обрубки в меньшей степени нуждаются в размещении на двух этажах, поэтому эти отделения могут быть размещены в одноэтажном здании.

Смесеприготовительное отделение в цехах массового производства, обеспечивающее смесями автоматические формовочные линии, как правило, занимает всю высоту двухэтажного здания, а часто и превышает его, но размещается в несколько ярусов, при этом междуэтажное перекрытие на месте их размещения отсутствует.

Смесеприготовительные отделения в цехах единичного и мелкосерийного производства размещают иногда в многоэтажных пристройках или в отдельных зданиях, высота которых может быть выше основного здания.

Склады шихтовых материалов при литейных цехах независимо от ввода железнодорожных путей размещают в одноэтажных пролетах.

Взаиморасположение основных производственных отделений литейного цеха в конкретных условиях проектируемого цеха определяется компоновкой, при разработке которой необходимо обеспечить:

- наименьшую протяженность основных производственных грузопотоков: шихты, жидкого металла, стержней, формовочных, стержневых и оборотных смесей, при этом в первую очередь из технологических соображений необходимо стремиться к наиболее коротким грузопотокам жидкого металла, стержневых смесей и готовых стержней;

- удобные связи с заводскими транспортными, энергетическими и санитарно-техническими коммуникациями;

- размещение наиболее людных и с большими тепловыми выделениями производственных отделений (формовочные, стержневые, плавильные) в помещениях, обеспеченных хорошей освещенностью и вентиляцией;

— основные цеховые и магистральные проезды, взаимоувязанные с генпланом завода.

Для решения вопроса о целесообразности строительства специализированного литейного завода необходимо выявить экономические преимущества его перед специализированным литейным производством при машиностроительном заводе.

Для определения эффективности капитальных затрат при строительстве литейных цехов машиностроительных предприятий и литейных заводов используют метод, основанный на сравнении внецеховых затрат.

К внецеховым затратам относят затраты, связанные с появлением на заводе литейного производства, в частности, затраты на организацию складского хозяйства, модельного производства, расширение энергетических и транспортных служб, промышленных проводов, дополнительных коммуникаций и др.

Поскольку цеховые затраты остаются неизменными независимо от того, где производство сооружается, то судить о сравнительной экономичности специализированного литейного завода следует по внецеховым затратам на единицу продукции.

Литейные заводы проектируют как законченные специализированные предприятия, выпускающие отливки и состоящие из производственных литейных цехов с комплексом вспомогательных, энергетических и прочих служб, а также складским хозяйством, обеспечивающих бесперебойную и ритмичную работу завода.

Литейный завод рекомендуется проектировать состоящим из следующих объектов и служб.

Объекты основного производственного назначения: к ним относят литейные цехи, специализированные по производству мелкого, среднего и крупного чугунного литья, отливок из ковкого чугуна, стального литья, цветного литья, отливок, изготавливаемых специальными способами.

Объекты подсобного производственного назначения: к этим объектам относят корпус вспомогательных цехов, базисный склад (цех) шихтовых и формовочных материалов, склад масел, химикатов и крепителей, склад резервного топлива, инженерно-лабораторный корпус.

В состав корпуса вспомогательных цехов входят:

— модельный цех с участками деревянных, металлических и пластмассовых моделей;

- ремонтно-строительный цех;
- ремонтно-механический цех с участками кузнечным и термическим;
- инструментальный цех;
- цех предварительной обработки отливок с участками старения, очистки, грунтовок и исправления дефектов отливок;
- электроремонтный цех с мастерскими по ремонту контрольно-измерительных приборов;
- склады моделей, металла и литья.

Базисный склад формовочных и шихтовых материалов включает в себя приемно-раздаточный блок для песка и кокса; участки подготовки формовочных и шихтовых материалов, отделение регенерации горелой земли, а также копер при соответствующем обосновании.

Объекты энергетического хозяйства: к ним относят заводскую трансформаторную подстанцию, котельную, станции: компрессорную, кислородно-газификационную, ацетиленовую.

Объекты транспортного хозяйства и связи — транспортные средства завода, внеплощадочные и внутриплощадочные железнодорожные пути и автодороги, гараж, депо, внеплощадочные и внутриплощадочные средства связи, сигнализации и радиофикации.

Сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплофикации и газификации. Сюда входят сети и сооружения водопровода и канализации с насосными станциями, градирни, пруд-шламоотстойник, газорегуляторный пункт, межцеховой пневмотранспорт.

Основные положения по проектированию литейных заводов следующие.

Организация литейных цехов должна предусматривать полный законченный цикл производства от плавки до очистки и грунтовок отливок включительно.

Необходимо предусматривать соответствующим образом организованные заводские ремонтные службы для удобного проведения ремонтных работ, объем которых возрастает с ростом уровня механизации и автоматизации.

На литейных заводах, в состав которых входят несколько специализированных литейных цехов, рекомендуется проектировать хранение исходных сырьевых материалов на централизованных базисных складах; для сокращения трасс грузопотоков все складские помещения следует располагать вблизи литейных цехов в соответствии со строительными нормами и правилами. Для подачи сухих фор-

мочных материалов с базисного склада в литейные цехи следует применять пневмотранспорт. Для подачи шихты использовать автомобильный транспорт.

Все вспомогательные общезаводские службы литейного завода (модельный цех, склад моделей, ремонтный цех и т.д.) рекомендуется блокировать в одном корпусе – корпусе вспомогательных цехов. Все энергетические службы (котельную, компрессорную и т.д.) следует блокировать в одном здании – энергоблоке.

В связи с возросшими требованиями машиностроительных заводов к качеству отливок, при проектировании литейных заводов рекомендуется организовывать в некоторых случаях (для ответственных отливок высокоточных машин и механизмов) цехи по предварительной механической обработке отливок, особенно крупных чугуновых с последующим искусственным старением и грунтовкой. Такие цехи могут быть как отдельно стоящими, так и сблокированными (например, в корпусе вспомогательных цехов).

В составе литейного завода рекомендуется предусматривать экспериментальный цех для освоения и отладки новых технологических процессов, литейной оснастки, оборудования, а также производства единичных отливок со сложным технологическим процессом изготовления.

При разработке проектов генпланов литейных заводов необходимо руководствоваться следующими основными положениями.

Заводская площадка должна иметь санитарно-защитную зону в соответствии с действующими санитарными нормами.

Расположение заводской площадки должно обеспечивать:

наиболее короткие подъездные железнодорожные пути и автодороги;

минимальные затраты на электроснабжение, водопровод, канализацию и прочие сети и коммуникации.

Все объекты строительства завода должны быть размещены с учетом четкого зонирования по их технологическим, производственным, транспортным признакам и степени вредности.

Все объекты литейного производства рекомендуется располагать с таким расчетом, чтобы заводские внутриплощадочные железнодорожные пути (если они вводятся непосредственно в литейные цехи) не пересекались с людскими потоками.

Объекты подсобного производственного назначения: базисный склад шихты и формовочных материалов; склады стройматериалов, крепежителей, литья, депо располагают в зоне наибольшего развития железнодорожных путей, за зоной литейных цехов.

Объекты, не связанные с железнодорожным транспортом и менее вредные по своим производственным признакам, следует располагать в зоне, примыкающей к главному входу.

В предзаводской зоне располагают инженерный корпус с заводоуправлением, заводскую столовую-заготовочную, проходную, стоянку автотранспорта.

Заводскую котельную с мазутохранилищем размещают в обособленной зоне площадки и обеспечивают подъездными железнодорожными путями.

Компрессорную станцию располагают преимущественно около литейных цехов – основных потребителей сжатого воздуха. Около компрессорной станции размещают градирню.

В некоторых случаях котельную объединяют с компрессорной станцией в энергоблок.

Должны быть предусмотрены специально организованные площади для размещения трансформаторных подстанций, очистных сооружений и т.д.

Для более компактного расположения зданий на генплане рекомендуется проводить блокирование цехов и служб, допускающих это по своей технологической направленности (например, объединение в одном корпусе цехов ремонтно-механического, инструментального, кузнечного, термического и т.д.).

1.5.8. ТЕРМИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение. Термическое производство в составе машиностроительного предприятия предназначается для термической обработки, которая представляет собой совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения с целью изменения структуры, твердости, износостойкости, прочности или других свойств металла.

Качество любого изделия во многом зависит от уровня технологии термообработки.

Процесс термической обработки слитков и отливок, поковок и штамповок, сварных конструкций и узлов, механообработанных деталей в общем цикле изготовления изделия в значительной мере влияет на его качество, улучшая износостойкость, усталостную проч-

ность, механические и физико-механические свойства деталей.

В данном разделе не рассматриваются решения по термообработке металлургических заготовок (слитков и др.), поступающих на предприятие по внешней кооперации, и литейных заготовок (отливок), которые подвергаются термообработке в технологических циклах кузнечно-прессового и литейного производств.

Термические цехи (отделения, участки) организуются:

- по типу производства: массовое, серийное, единичное;
- по характеру обрабатываемого металла: для изделий из черных металлов; для изделий из цветных металлов;
- по стадиям изготовления продукции – для обработки: отливок, штамповок, поковок, сварных узлов, деталей;
- по операционному признаку.

Отжиг – процесс термической обработки, состоящий в нагреве изделий до заданной температуры, выдержке при этой температуре и последующем медленном охлаждении. Отжиг применяется для снятия внутренних напряжений, снятия наклепа, улучшения механических свойств, улучшения обрабатываемости при резании, подготовки структуры для последующей термической обработки.

Нормализация – процесс термической обработки, заключающийся в нагреве до заданной температуры, выдержке для выравнивания температуры и охлаждении на спокойном воздухе. Нормализация применяется для повышения механических свойств стали и подготовки ее структуры к последующей термической обработке.

Закалка – нагрев изделий до заданной температуры, при которой получается необходимая структура, выдержке при этой температуре и резком охлаждении в воде, масле или какой-либо другой закалочной среде, в зависимости от химического состава, объема и конфигурации закаливаемых изделий. Закалка применяется для получения высокой твердости или определенных физико-механических свойств стали.

Различают следующие виды закалки: полная закалка и неполная; изотермическая и ступенчатая; закалка с самоотпуском; светлая закалка в солях; поверхностная током высокой частоты (ТВЧ).

Отпуск – нагрев закаленной стали до заданной температуры, с выдержкой при этой

температуре и последующим быстрым или медленным охлаждением. Отпуск применяется с целью уменьшения остаточных напряжений, частичного снижения твердости, повышения вязкости и улучшения обрабатываемости резанием. Отпуск изделий производят в селитровых или масляных отпускных ваннах, а также в электропечах.

Различают три вида отпуска: низкий, средний, высокий.

Низкий отпуск заключается в том, что закаленное изделие нагревают до температуры 130...240 °С. Низкий отпуск применяется для цементированных, цианированных и поверхностно-закаленных изделий, а также для инструмента из легированной и углеродистой сталей.

Средний отпуск производится при температуре 240...450 °С; применяется для пружин, рессорных полос и других деталей с целью уменьшения внутренних напряжений и получения повышенных пластических и упругих свойств.

Высокий отпуск производится при температуре 450...700 °С. При этом повышается пластичность, понижаются твердость и прочность закаленной детали, внутренние напряжения почти полностью снимаются.

Операция закалки с последующим высоким отпуском называется улучшением.

Старение – операция изменения структуры сплавов в сторону равновесного состояния и сопровождается изменением физических и механических свойств сплава. По температурным условиям различают два вида старения:

- естественное, протекающее при естественной температуре в течение длительного времени;

- искусственное, осуществляемое термической обработкой при повышенной температуре в течение сравнительно небольшого промежутка времени.

Обработка холодом состоит в охлаждении закаленных сталей до температур от –70 до –150 °С с последующим их нагревом на воздухе до комнатной температуры. Обработка холодом производится с целью повышения стойкости режущего инструмента, улучшения износостойкости цементированных и закаленных изделий, стабилизации размеров изделий из закаленной стали.

Химико-термическая обработка предназначена для повышения усталостной прочности, износостойкости, жаростойкости и других свойств деталей машин и состоит из поверхностно-

стного насыщения деталей каким-либо веществом в области повышенных или высоких температур. Нередко этот процесс дополняется упрощенной термической обработкой.

В качестве веществ, применяемых для насыщения поверхностных слоев стальных или чугуновых деталей, используются углерод, азот, ферроалюминий, кремний, хром, бор и другие вещества. Соответственно такие процессы обработки называются цементацией, азотированием, алитированием, силицированием, хромированием, борированием и т.д.

Иногда при химико-термической обработке насыщение поверхности производится двумя и более веществами, например, нитроцементация или цианирование (насыщение поверхности стали углеродом и азотом), сульфацианирование (насыщение поверхности стали углеродом, азотом и серой).

Лазерная обработка – местное упрочнение труднодоступных поверхностей изделий.

Технологические решения. В зависимости от объемов производства, а также сложившейся структуры действующего предприятия, термическое производство подразделяется на основное, вспомогательное и смешанное.

Термическое производство может быть запроектировано как самостоятельное обособленное – корпус, цех либо как термические отделения (участки) в составе производственных корпусов, цехов основного и вспомогательного производственного назначения.

Небольшие термические участки входят в состав цехов ремонтно-инструментального хозяйства.

Цехи (отделения), предназначенные для термической обработки, подразделяются на

- термические цехи (отделения, участки) при заготовительных цехах,
- термические цехи (отделения, участки) при механообрабатывающих цехах,
- объединенные термические цехи (отделения) для обработки изделий заготовительных и механообрабатывающих цехов.

Объединенный термический цех может состоять из следующих участков термообработки: поковки и штамповки, сварных узлов, объемной закалки, азотирования, цементации, нитроцементации, поверхностной закалки ТВЧ, нанесения износостойких покрытий, лазерной обработки, вибростабилизации, пружин горячей навивки, пружин холодной навивки, штампов и инструмента, участков контроля, правки, дробеструйной очистки, химочистки и оксидирования.

Для термической обработки инструмента, штампов, приспособлений, деталей ремонтируемого оборудования и т.п. изделий, используемых на данном заводе, могут быть организованы термические отделения при инструментальных и штамповочно-механических цехах, при ремонтных цехах, или объединенные термические цехи, обслуживающие инструментально-штамповое и ремонтное хозяйство завода.

Единый смешанный термический цех в организационном и техническом отношении представляет собой самостоятельную производственную единицу на заводе. В этом цехе производят разнообразную термическую обработку слитков, отливок, штамповки, поковки, сварных узлов, деталей и инструмента для всех цехов завода.

Технологический процесс термообработки и состав технологического оборудования принимается с целью максимального обеспечения требований, предъявляемых к деталям по механическим, физическим и другим свойствам, а также химическому составу металла, из которого изготавливаются изделия продукции предприятия.

В зависимости от расположения оборудования термические цехи (отделения) формируются следующим образом:

- по характеру выполняемых операций (по операционному принципу), где все оборудование, предназначенное для выполнения определенных операций термической обработки, сосредотачивают в одном месте участка цеха, например, агрегаты для цементации или нитроцементации деталей типа "шестерня",
- по видам обрабатываемых изделий (по предметному принципу),
- по группам однотипного оборудования (например, участок шахтных печей),
- по смешанному принципу.

Указанный принцип применяют, главным образом, при единичном и мелкосерийном производстве.

Специфические особенности некоторых операций термической обработки (например, вредность операций – жидкостного цианирования, очистки от окислы и др.) требуют расположения оборудования в изолированных помещениях с усиленной вентиляцией воздуха.

Основным оборудованием термического производства являются печи периодического действия и агрегаты на жидком или газообразном топливе, электрические, а также очист-

ное оборудование для очистки поверхности изделий от окалины (камеры, установки, столы), прессы, правильные. Соляные электрованны применяются для закалки мелких деталей, инструмента и крепежа в солях

В потоке механообрабатывающего производства, как правило, применяются высокочастотные установки (ТВЧ)

В отдельных случаях, по технологическому процессу предусматриваются шахтные печи с глубокими приемками (например, улучшение коленчатых валов длиной до 6 м), применение которых влияет на решения по их размещению в сложных инженерно-геологических условиях промышленной площадки предприятия

Формирование по видам обрабатываемых изделий характеризуется тем, что оборудование для всех операций термической обработки определенных изделий устанавливают последовательно по порядку выполнения этих операций и концентрируют в одном месте

Предметные группы могут быть организованы

- по обработке отдельных трудоемких изделий (например, участок для термической обработки коленчатого вала),

- по габаритным размерам и весу изделий (например, участок для термической обработки крупногабаритных деталей),

- по маркам стали обрабатываемых изделий (например, участок для термической обработки инструментов, изготавливаемых из быстрорежущей стали)

Указанный принцип применяют, главным образом, при крупносерийном и массовом производстве

Преимущества предметного принципа значительно сокращаются межоперационные передачи в процессе обработки и длительность производственного цикла

Формирование термического участка по однотипным группам оборудования часто обусловливается специфическими особенностями агрегатов или требованиями создания сложных дополнительных сооружений для эксплуатации этих агрегатов зданий большой высоты, глубоких каналов, мощных кранов и т.п.

Формирование термических цехов по смешанному принципу характеризуется компоновкой производственных участков одновременно и по характеру выполняемых операций, и предметному принципу

Печи для термической обработки могут быть классифицированы по следующим признакам

- печи универсального назначения, приспособленные для разнообразных операций термообработки,

- печи специального назначения, приспособленные для определенных операций (отжига, цементации и т.п.),

- печи индивидуального назначения (для термообработки коленчатых валов или рессорных полос, или стальной ленты и т.д.),

- поточные линии для осуществления различных операций термической обработки

По применяемой температуре различают высокотемпературные, среднетемпературные, низкотемпературные, разнотемпературные печи

По среде рабочего пространства – печи

- с газовой средой – обычной или контролируемой (нейтральной или активной),

- с жидкой средой (также нейтральной или активной) – так называемые электрованны,

- с вакуумной средой (вакуумные установки, установки ионного азотирования)

По характеру загрузки, выгрузки и положению деталей печи делятся на

- горизонтальные (с боковой загрузкой, с вращающимся подом или сводом, с шагающим подом, с толкателями, конвейерами и др.),

- вертикальные (со съёмным сводом, колодцы, печи-ванны, элеваторные печи, с разрезным сводом и др.),

- наклонные (с вращающейся ретортой, пульсирующие, с вращающимися роликами и др.),

- универсальные комбинированные

По режиму работы и механизации различают

- периодические печи (с ручной загрузкой, загрузкой кранами, с толкателями, опрокидывающимися нагревательными камерами, с подвижным подом или муфелем и др.),

- полунепрерывные печи (те же, что и периодические, но имеющие вторую подину или второй муфель для перекрытия времени охлаждения и погрузочно-разгрузочных приемов),

- поточные агрегаты – пульсирующие (с толкателями, шагающие, вибрационные, тоннельные и др.) или непрерывные (конвейерные, протяжные – для проволоки или ленты, с вращающимся подом, шнековые и др.)

По источнику получения тепла печи делятся на топливные (газовые или мазутные) и электрические

Электрованны для термической обработки:

- универсального назначения;
- специального назначения (для цианирования и др.);
- индивидуального назначения (узкой специализации, приспособленные для конкретных операций и изделий – цианирования длинных изделий, высокотемпературной жидкостной цементации больших изделий и т.д.).

Кроме того, для осуществления разнообразной технологии термической обработки применяют следующие нагревательные установки:

- электрические высоко- и среднечастотные, тиристорные;
- электрические для нагрева в электролите;
- электрические для контактного поверхностного нагрева;
- электрические для непосредственного нагрева путем пропускания тока через деталь с постоянным сечением;
- плазменные газокислородные;
- плазменные газовоздушные с керамическими горелками поверхностного сжигания;
- лазерные и вакуумные установки.

Поточная термическая обработка характеризуется:

- непрерывным выполнением производственного процесса при наиболее компактном расположении оборудования;
- параллельным выполнением технологических операций и рабочих приемов;
- перекрытием времени вспомогательных операций (загрузки, выгрузки и др.) основным технологическим временем;
- сочетанием одинаковых методов транспортировки изделий и выполнения операций (партионный с партионным, штучный со штучным).

Поточные методы работы в термических цехах могут быть применены для выполнения либо всех операций, начиная подготовительными (например, омеднения перед цементацией) и кончая контрольными, либо ряда операций какого-нибудь технологического процесса, например, только цементации и последующей закалки, либо только одной трудоемкой операции, например, подогрева при закалке сложных деталей или инструментов.

В массовом и крупносерийном производстве при ограниченном количестве наименований поковок и штамповок целесообразно при-

менение специализированного термического оборудования (агрегатов) в составе единой автоматической линии кузнечного производства.

Для технологических нужд в термическом производстве необходимы:

- топливо или электроэнергия для термических печей и агрегатов, электроэнергия – для остального технологического оборудования;
- сжатый воздух – для очистного оборудования;
- вода – для охлаждения элементов термических печей, установок ТВЧ. Следует учитывать требования по жесткости воды, предъявляемые специальными технологическими процессами;
- пар – для технологических и других промывочных растворов.

К особенностям технологических процессов термообработки относятся: избытки тепла, значительные объемы вредных выделений в виде газов, паров, пыли, а также отходов при использовании специальных вспомогательных материалов (на основе аммиака, цинка, свинца, олова и т.д.).

Это предопределяет необходимость принятия соответствующих проектных решений по максимальному использованию тепла от термических печей, очистке технологических выбросов и производственных сточных вод, обезвреживанию и утилизации отходов или их вывозу в специальные места захоронения.

1.5.9. ОКРАСОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Назначение. Проектирование окрасочных цехов начинается с разработки основных решений по организации окрасочных работ в соответствии с общей схемой всего технологического процесса по заводу.

Организация окрасочных работ определяется программой завода и серийностью производства (массовое, крупносерийное, серийное, мелкосерийное, единичное), а также спецификой и характером каждой отрасли машиностроения.

Организация окрасочных работ в одном месте, на одном участке имеет место в мелкосерийном и единичном производстве, когда программа выпуска невелика и на одном и том же участке производится предварительная окраска деталей и окончательная окраска собранных изделий.

В серийном производстве организация окраски на одном участке также имеет место, когда требуется окрашивать только собранное изделие и нет необходимости в предварительной окраске деталей.

В случае организации окрасочных работ на нескольких участках предусматриваются:

- грунтование отливок на грунтовочных участках, расположенных в заготовительных цехах (литейных, термообручных, кузнечных и др.);
- промежуточная окраска деталей на участках, расположенных в сварочных, механосборочных и деревообрабатывающих цехах;
- окончательная окраска собранных изделий на участках, расположенных в сборочных цехах, а иногда и в отдельных окрасочных цехах, возможна при любом характере производства.

Выбор организации окраски обуславливается разобщением технологического процесса на отдельные виды производства (сварка, механическая обработка и др.), а также необходимостью межоперационной защиты металла от коррозии, а дерева от гниения, наличием недоступных для окраски деталей в собранном изделии.

Организация централизованных окрасочных цехов возможна при производстве на одном заводе изделий, к окраске которых предъявляются различные требования. Организация такого цеха упрощает решение ряда вопросов по устройству вентиляции, подводке коммуникаций (пара, воды, газа) и пожарной безопасности, но ухудшает схему грузопотоков на заводе.

Исходными данными для проектирования окрасочных цехов являются:

- программа выпуска изделий;
- чертежи деталей и изделий, подлежащих окраске; технические условия на окраску изделий;
- сведения о видах энергии на заводе с указанием параметров сжатого воздуха, пара, газа и электроэнергии;
- планы расположения оборудования и рабочих мест со спецификацией действующих окрасочных цехов.

Технические условия на окраску изделий учитывают:

- условия эксплуатации изделия (атмосферные воздействия, действие температуры, химических реагентов и др.);
- характер покрытия (декоративное, защитно-декоративное);

- класс покрытия (качество отделки и подготовки поверхности);

- тип лакокрасочного материала;
- срок службы покрытия;
- цвет окраски; особые условия окраски (окраска внутренних поверхностей, мест сопряжений, маркировка, цировка и др.).

Для сложных изделий технические условия на окраску должны быть даны по отдельным деталям или узлам.

Программа по окрасочному цеху составляется на основании общей программы завода.

Окрасочные цехи классифицируют по габаритным размерам, массе окрашиваемых деталей или изделий, серийности производства, методам окраски и сушки, организации производственного потока.

Технологические решения. Производственные отделения и участки служат для размещения основного производственного оборудования для подготовки поверхности, окраски и сушки.

Вспомогательные службы:

- краскозаготовительное отделение;
- складское хозяйство;
- экспресс-лаборатория;
- ремонтное хозяйство;
- помещение для противопожарной автоматики.

Краскозаготовительное отделение, как правило, располагается при складе лакокрасочных материалов.

Складское хозяйство включает в себя склад красок, лаков и химикатов, а также кладовые - раздаточные для хранения суточного запаса разведенных лакокрасочных материалов.

Экспресс-лаборатория располагается при краскозаготовительном отделении. Она предназначена для проверки поступающих на завод лакокрасочных материалов и определения вязкости разведенной краски.

Самостоятельный окрасочный цех, как правило, имеет свою мастерскую по ремонту оборудования, окрасочной аппаратуры и приспособлений. При расположении окрасочного отделения или участка в каком-либо корпусе (например, механосборочном), он обслуживается ремонтной базой этого корпуса.

Помещение для противопожарной автоматики предусматривается для цехов и отделений окраски, для которых требуется автоматическое пожаротушение.

Основные направления при выборе методов подготовки поверхности, окраски и сушки зависят от серийности производства.

При крупносерийном и массовом производстве должны быть использованы:

- полная автоматизация процесса окраски, устранение человека от участия во вредном производстве (возможны при применении метода электроокраски, пневмоэлектростатических распылителей с дистанционным управлением, струйного облива с выдержкой в парах растворителя, электрофореза);

- применение передовых методов сушки (терморadiационной, терморadiационно-конвекционной, индукционной), сокращающих время сушки, длину оборудования и производственные площади;

- применение передовых методов подготовки поверхности перед окраской (струйного обезжиривания, фосфатирования, травления);

- механизированное нанесение шпатлевки распылением взамен нанесения ее шпателем и резинкой;

- механизированное нанесение мастики на внутренние поверхности специальной установкой для нанесения мастики;

- применение специальных шлифовальных машинок для шлифовки зашпательванных поверхностей.

При мелкосерийном и единичном производстве (окраска крупногабаритных и тяжелых деталей) должны быть применены:

- подготовка поверхности перед окраской методом пароструйной очистки (взамен ручной протирки ветошью, смоченной дорогостоящими и токсичными органическими растворителями);

- метод безвоздушного распыления, позволяющий сократить потери лакокрасочного материала и снизить расход дорогостоящих растворителей, а также значительно улучшить санитарно-гигиенические условия труда;

- ручная электроокраска, дающая возможность улучшить качество получаемого покрытия и снизить расход лакокрасочных материалов;

- окраска длинномерных изделий (типа вагонов) самоходными окрасочными и электроокрасочными установками, перемещающимися вдоль всей длины изделия, вместо габаритных окрасочных камер;

- самоходные терморadiационные сушильные установки, вместо габаритных сушильных камер.

К применяемым в машиностроении лакокрасочным материалам относятся материалы

на основе растительных масел и природных смол (масляные краски и эмали, битумные лаки), а также на основе синтетических смол. Масляные и битумные материалы находят ограниченное применение, так как покрытия на их основе отличаются низкой атмосферостойкостью и плохой стойкостью к агрессивным средам. Наибольшее применение находят лакокрасочные материалы на синтетической основе, дающие покрытия с высокой атмосферо-, водо-, термостойкостью и длительным сроком службы. К таким материалам относятся алкидные, феноло-формальдегидные, мочевино- и меламиноформальдегидные, эпоксидные, полиуретановые, нитроцеллюлозные, кремнийорганические, перхлорвиниловые, акриловые, поливинилбутиральные, а также материалы на основе каучуков, сополимеров винилхлорида с винилацетатом и др.

Подготовка поверхности перед окраской должна обеспечивать хорошую адгезию лакокрасочного материала к окрашиваемой поверхности и высокое качество получаемого покрытия. Работа выполняется в следующей последовательности: удаление пыли, жировых загрязнений и продуктов коррозии, дополнительная обработка (фосфатирование, пассивирование и др.).

Число производственных рабочих определяют делением трудоемкости годовой программы на фонд времени рабочего. При точной работе число производственных рабочих принимают по числу рабочих мест.

При укрупненных расчетах число производственных рабочих определяют по прогрессивным технико-экономическим показателям ранее выполненных проектов или фактическим данным действующих производств:

- по годовому выпуску продукции на одного производственного рабочего, выраженного в штуках изделий или тоннах;

- по трудоемкости окраски одного изделия или 1 т изделий, выраженной в человеко-часах.

В мелкосерийном и единичном производстве преобладают транспортные устройства периодического действия: ручные тележки, тележки с канатной откаткой, монорельсы с тельферами, подвесные кран-балки, подъемные краны различных типов, роьганги.

В крупносерийном и поточном производстве окрасочные цехи оборудуют конвейерами различного типа непрерывного и периодического действия: подвесными, напольными, пластничатыми, шагающими. Конвейеры яв-

ляются не только транспортным, но и технологическим оборудованием, так как на них производится окраска, сушка и подготовка поверхности перед окраской. Подвесные конвейеры делятся на одно- и двухцепные (штанговые). Разновидностью одноцепных конвейеров являются толкающие и плоскопараллельные (челночные).

Подвесные толкающие конвейеры с адресованием применяют при сложной трассе конвейера (наличии нескольких ниток конвейера с разными скоростями). Они позволяют передавать груз в заданное место, выполнять технологические операции, отличающиеся по режимам времени на неприводных участках; создавать задел и обеспечивать хранение окрашенных деталей.

Плоскопараллельные конвейеры применяют для перемещения длинномерных изделий в целях экономии площади. В отличие от толкающих подвесных конвейеров, где изделие свободно поворачивается на блоках, на плоскопараллельном конвейере оно, дойдя до конца ветви конвейера, не делает поворота на блоке для обратного движения, а перемещается по направляющим с помощью траверсы. Применение плоскопараллельных конвейеров значительно сокращает ширину сушильной многоходовой камеры.

Двухцепные подвесные конвейеры имеют две параллельные цепи, соединенные между собой штангами, расположенными на одинаковых расстояниях друг от друга. Эти конвейеры особенно удобны для окраски деталей окуном.

Пластинчатые конвейеры применяют для перемещения деталей при шпаклевании или шлифовании, когда удобнее иметь дело с лежащими, а не подвешенными деталями.

Шагающие конвейеры применяют для периодического перемещения тяжелых изделий (например, станки, компрессоры).

Напольные одноцепные конвейеры могут быть горизонтально и вертикально замкнутыми непрерывного и периодического действия. Они служат для передвижения изделий по направляющим или рельсам. Тянущим органом является цепь или канат, расположенные в бетонном канале пола. Канатные напольные конвейеры просты по устройству и дешевы в изготовлении.

Для загрузки и разгрузки подвесных конвейеров применяют пневматические и гидравлические подъемные столы с рольгангами. Для загрузки и разгрузки изделий с пластинчатых,

шагающих, напольных конвейеров применяют подъемно-транспортные механизмы (поворотные краны, кран-балки, мостовые краны).

Грузооборотом учитываются окрашиваемые изделия, а также основные и вспомогательные лакокрасочные материалы.

Окрасочные цехи, как правило, располагаются у наружной стены здания с оконными проемами, верхним фонарем, с легкосбрасываемыми перекрытиями и должны быть изолированы от других цехов противопожарными стенами. Исключение составляют небольшие окрасочные участки, расположенные в общем потоке производства, их по условиям технологического процесса трудно выгородить. В таких случаях следует соблюдать правила пожарной безопасности.

На производственной площади размещаются участки подготовки (дробеструйная очистка, обезжиривание, фосфатирование, травление и т.д.) и участки окраски (окрасочный и сушильный) поверхности.

На вспомогательной площади располагаются кладовая-раздаточная красок; мастерская по ремонту приспособлений, аппаратуры и инструмента; конторские помещения.

1.5.10. ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ

Назначение. Развитие цехов металлопокрытий идет по пути автоматизации и механизации основных и вспомогательных процессов.

В объемно-планировочном решении преобладают двухэтажное расположение оборудования с подвальным помещением, а также одноэтажное, но с расположением оборудования на антресолях.

Отдельные цехи проектируют с автоматизированными участками приготовления и дозирования электролитов и растворов.

Оборудование по обезвреживанию и очистке сточных вод цехов металлопокрытий располагается как при цехах, так и отдельно, в централизованных заводских станциях нейтрализации.

Крупные цехи имеют внутрицеховой подвесной транспорт, включая подвесные толкающие конвейеры, монтажные площадки комплектования подвесок.

Все обрабатываемые детали и узлы разбирают по признаку однотипности видов покрытий и методу обработки на ряд конструктивных технологических групп, которые служат основой для составления производственной программы цеха.

Технологические решения. По современным требованиям цех металлопокрытий должен быть максимально механизирован и автоматизирован. Для крупных и средних цехов с массовым выпуском проектируют подвесной транспорт, в том числе толкающие конвейеры с адресованием. Площадки для комплектования подвесок могут быть выделены как в механических цехах, так и непосредственно в цехе металлопокрытий. Перевеска и съём подвесок на автоматические линии производится непосредственно возле автоматов, для чего при системе толкающих конвейеров предусматриваются неприводные нитки, а при грузонесущем конвейере – подвесные накопительные площадки. Съём и навеску подвесок производят вручную или автоматически с помощью перегрузочных устройств. Для колокольных и барабанных автоматов накопителями служат бункера. Управление дозированием из бункеров осуществляется автоматически или вручную.

Площадки комплектования подвесок и съём деталей с них целесообразно сосредоточить в одном месте, что упрощает использование освободившихся подвесок. Для цехов мелкосерийного производства или небольших и средних цехов серийного производства внутрицеховым транспортом могут служить безрельсовые легкие тележки, при этом комплектование и съём подвесок целесообразно сосредоточить в кладовой цеха, а не возле линий обработки.

В основу организации цеха принимают групповую обработку технологически и конструктивно подобных деталей.

В зависимости от назначения выделяют основные отделения: гальванических покрытий; химических и анодных покрытий; шлифования и полирования.

В свою очередь, отделения гальванических покрытий крупных цехов могут быть разделены на отделения покрытий защитных, декоративных и твердых, износостойчивых.

В зависимости от размера цеха в состав вспомогательных участков и служб могут входить: участки приготовления и корректирования растворов, нейтрализации сточных вод; ремонта подвесок; изготовления шлифовальных кругов и паст; экспресс-лаборатория; помещение для вентиляции; кладовые химикатов и анодов, кислот, деталей с комплектовочными площадками; мастерские электриков, механика.

Для мелкосерийного производства применяют механизированные линии и стацио-

нарные ванны с ручным обслуживанием для мелких деталей.

Для массового и крупносерийного производства с установившейся номенклатурой используют автоматы с жестким циклом. Автоматы с программным управлением применяют для производства с часто меняющейся номенклатурой и видами покрытий.

Практикуется выбор автоматов с программным управлением на два – три покрытия, например, кадмирование и цинкование, цинкование и фосфатирование.

Покрытие мелких и крепежных деталей осуществляется в колокольных автоматах жесткого типа большой производительности или в барабанных автооператорных автоматах меньшей производительности.

Мероприятия по технике безопасности и охране труда должны предусматривать максимальную механизацию производственных процессов и минимальное число работающих с вредными веществами.

К числу этих мероприятий относятся:

- установка автоматических и механизированных линий;
- централизованный монтаж и демонтаж подвесок, который производится в кладовой или отдельном помещении вне зоны отделения покрытия;
- механизированная установка по вскрытию и растворению барабанов с цианистыми солями, щелочью;
- централизованная система приготовления и корректирования растворов и электролитов;
- централизованная автоматизированная система обезвреживания сточных вод;
- организация подвесного или напольного транспорта;
- все ванны, имеющие вредные выделения, в том числе и ванны с горячей водой, должны быть снабжены бортовой вентиляцией;
- вентиляторы надо располагать, как правило, в отдельных помещениях, если же не представляется такая возможность, то предусматриваются звукоизолирующие колпаки.

При определении категории пожаро- и взрывоопасности следует пользоваться соответствующими методиками.

Современные средние и крупные цехи металлопокрытий, имеющие автоматизированное оборудование, участки приготовления растворов, нейтрализацию сточных вод, подвесной транспорт и др., располагаются в два

этажа или в один этаж с подвальным помещением. На первом этаже или в подвальном помещении располагаются вспомогательные участки и оборудование: приготовления растворов, нейтрализации сточных вод, емкостей для слива растворов, вентиляционные, источники питания, фильтры. Основное оборудование — автоматические механизированные линии, отделения шлифования, полирования и кладовые с комплекточными площадками — располагается на первом этаже при наличии подвала или на втором этаже при наличии первого (вспомогательного) этажа.

Для средних и небольших цехов допускается располагать оборудование и вспомогательные участки в один этаж с антресолями.

В крупных и средних цехах предусматривается централизованный участок приготовления и корректирования растворов. Следует предусматривать отдельные помещения для кислых, хромистых и щелочных растворов, а также цинкстых растворов.

Для растворения сухих солей предусматривают обогреваемые емкости-реакторы. Кроме них, устанавливают емкости для приготовления, они же служат для слива растворов производственных ванн при их чистке или фильтрации.

1.5.11. ОБЪЕКТЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

- Инструментальное хозяйство.
- Ремонтно-механическое хозяйство.
- Специализированные отделения ремонтных и инструментальных цехов.
- Энергохозяйство.
- Деревообрабатывающие цехи и сушильное хозяйство.
- Абразивные цехи.
- Цехи пластмассовых изделий.
- Центральные заводские и цеховые лаборатории.
- Центральные измерительные лаборатории.

К основным видам инструментальной оснастки относятся:

- режущий инструмент по металлу и дереву;
- измерительный и контрольный инструмент;
- вспомогательный (слесарно-монтажный, крепежно-зажимной, сварочный и механизированный) инструмент;
- станочные, сборочные, сварочные и контрольные приспособления;

- штампы для горячей штамповки;
- штампы для холодной листовой и объемной штамповки (холодной высадки);
- пресс-формы для пластмассовых и резинотехнических изделий, для точного литья и литья под давлением;
- кокили для чугунного и цветного литья;
- металлические модели для литья в землю;
- оснастка для литья в оболочковые формы и центробежного литья;
- фильеры для резинотехнических и некоторых пластмассовых изделий (в виде профиля, ленты, полосы и т.п.);
- деревянные модели для литья в землю черных и цветных металлов;
- абразивный инструмент (круги, бруски, шкурки, ленты, пасты);
- алмазный инструмент.

В производственные функции инструментального хозяйства входят:

- проектирование и изготовление инструментария;
- получение готового стандартизованного и нормализованного инструмента от инструментальной промышленности или от других базовых предприятий данной отрасли;
- хранение (общезаводское и цеховое) и выдача в производство;
- контроль (в эксплуатации);
- ремонт и восстановление;
- переточка режущего инструмента.

Указанные функции могут выполнять:

- отдел главного технолога (инструментальная группа), конструкторские бюро по инструменту, штампам, приспособлениям, пресс-формам, инструментальный отдел, штампово-инструментальное хозяйство (ШИХ);
- отдел главного металлурга (группа оснастки);
- инструментальный, штампово-механический, модельный цехи;
- цех пресс-форм и кокилей; абразивно-алмазная мастерская (цех);
- центральные склады инструмента (ЦИС), абразивов (ЦИАС), штампов и литейной оснастки;
- мастерские по ремонту оснастки в производственных цехах;
- заточные отделения (участки) в механических цехах;
- цеховые контрольные пункты, инструментально-раздаточные кладовые (ИРК), кладовые абразивов (АРК).

Эффективным путем развития инструментального производства в машиностроении являются специализация и централизация инструментального производства внутри отраслей машиностроения, создание крупных специализированных инструментальных цехов.

Основными источниками покрытия потребностей в инструменте и оснастке машиностроительных заводов должны являться:

- предприятия, поставляющие стандартизованный и нормализованный инструмент, а также нормализованные детали приспособлений, штампов и пресс-форм;
- инструментальные цехи, предназначенные для обеспечения оснасткой группы предприятий;
- собственные инструментальные цехи предприятий.

В объем работ инструментальных (штамповых, модельных) цехов должно быть включено:

- получение стандартизованного и нормализованного инструмента, нормализованных деталей оснастки (приспособлений, штампов, пресс-форм и др.) со стороны в полном объеме (100 % от потребности) от специализированных заводов и цехов, с учетом значительного роста количества сложного инструмента и приспособлений, увеличения обработки металлов давлением (листовая и объемная штамповка), повышения удельного веса точных видов литья (под давлением, в кокиль и т.д.);

- получение крупных и особо крупных штампов, а также штампов для новых моделей изделий (начальный комплект штампов) от специализированных заводов и цехов;

- производство специального инструмента, штампов и другой технологической оснастки, не поставляемых централизованно;

- ремонт инструмента, приспособлений, штампов и другой технологической оснастки.

В крупном инструментальном цехе целесообразно организовывать отделения по видам инструмента, что повышает специализацию и увеличивает производительность труда за счет применения более производительной технологии и специализированного технологического оборудования.

Для проектирования цехов инструментального производства (инструментальных, штамповых, литейной оснастки, пресс-форм) необходимо иметь данные по производствен-

ным цехам, которые обслуживаются цехами инструментального производства.

Например, по литейным цехам в задании на проектирование должны быть данные по годовому выпуску литья по видам металла, массе и размерам отливок, количеству и составу литейного оборудования, годовому расходу и начальному фонду оснастки, ее характеристике.

По кузнечным цехам задание должно содержать данные по оборудованию, выпуску, размерам и массе поковок, характеристике штампов.

По сборочным, деревообрабатывающим, термическим, гальваническим, окрасочным цехам должны быть данные о составе и количестве оборудования, числу рабочих мест, оснащаемых механизированным инструментом.

По всем видам инструмента и оснастки должны быть указаны уровни кооперирования (получения со стороны и поставки на сторону). Должны быть данные по характерным изделиям, для которых в инструментальном цехе необходимо специальное оборудование.

При изготовлении новых мелких штампов и ремонте крупных штампов, нормализованные детали для них следует предусматривать получением со стороны со специализированных предприятий.

Цех или отделение холодных штампов размещают при цехе-потребителе (прессовом цехе) или в инструментально-штамповом цехе. В последнем случае отделение текущего ремонта холодных штампов выделяют из штампового цеха и размещают в прессовом цехе.

Крупные штампово-механические цехи проектируют не по укрупненным показателям относительного метода, а на основе разработанного подетального технологического процесса обработки.

Цехи горячих штампов предназначены для изготовления, капитального и текущего ремонта штампов для эксплуатационных нужд с применением получаемых со стороны нормализованных деталей и штампов. Штампы для новых моделей изделий завода крупносерийного и массового производства должны поставаться со стороны от специализированных заводов и цехов штампов. Цех горячих штампов размещают или в обслуживаемом им кузнечном цехе, или он входит в качестве отделения (участка) в состав инструментально-штампового цеха. В последнем случае участок текущего ремонта штампов размещают в кузнечном цехе.

Число основных станков цеха (отделения, участка) горячих штампов определяют в зависимости от числа единиц ведущего оборудования кузнечного цеха и средней массыковки (штамповки) по этому цеху.

К ведущему оборудованию кузнечного цеха относят ковочные молоты, штамповочные молоты, ковочно-штамповочные прессы, горячечковочные машины и валцы, бульдозеры, горячевысадочные прессы.

В цехах литейной оснастки изготавливают пресс-формы для изделий из пластмасс, для резинотехнических изделий, для литья под давлением, для точного стального литья по выплавляемым моделям, для порошковой металлургии, а также другие виды литейной оснастки: для литья в кокиль, для литья в оболочковые формы, для центробежного литья, опоки, металлические модели и др.

Эта оснастка является довольно сложной, и рабочие части ее изготавливают из сталей, высоколегированных хромом, никелем, молибденом, ванадием.

К вспомогательным отделениям инструментальных, штампово-механических и модельных цехов относят:

- заготовительные (отрезные) отделения (участки);
- участки заточки инструмента;
- ремонтные базы механиков и энергетиков;
- сварочные, термические, кузнечные, гальванические и литейные отделения и участки.

К группе вспомогательных подразделений инструментального хозяйства завода можно отнести также отделения (участки, мастерские) заточки и малого ремонта инструмента и оснастки в основных производственных цехах завода.

Количество основного оборудования заготовительных и заточных отделений (участков) цехов инструментального хозяйства рассчитывают в зависимости от количества основного оборудования указанных цехов.

В число основных станков заготовительного участка входят: пилы по металлу, абразивно-отрезные, анодно-механические отрезные, токарные и фрезерные станки для торцовки, центровочные станки.

Рекомендуется заготовительный (отрезной) участок инструментального цеха объединять с таким же участком ремонтно-механического и других вспомогательных цехов, размещаемых в одном корпусе, для

повышения загрузки оборудования и сокращения его количества.

Рабочие вспомогательных цехов (инструментальных, ремонтных) по общезаводской классификации относятся к группе вспомогательных рабочих. Внутри цехов они делятся на основных и вспомогательных.

Основные рабочие – станочники, слесари, сварщики, термисты, маляры и др.

К вспомогательным рабочим инструментального цеха относятся:

- рабочие ремонтных баз по ремонту оборудования цеха и оснастки;
- дежурный персонал по межремонтному обслуживанию оборудования: дежурные слесари, трубопроводчики, электромонтеры, смазчики;
- рабочие складов и кладовых;
- транспортные рабочие: электрокары, крановщики, стропальщики, грузчики; уборщики помещений цеха;
- рабочие-контролеры.

Для вспомогательных цехов проектируют здания тех же параметров, что и для механосборочных и прессовых цехов, с которыми они могут быть размещены в одном блоке. В большинстве пролетов применяется, в основном, напольный транспорт и подвесные однобалочные краны (кран-балки). Один или два из пролетов корпуса делают крановыми (грузоподъемностью мостового крана в зависимости от массы узлов и штампов). В этих пролетах размещают: крупные металлорежущие станки и слесарно-сборочное и испытательное отделения штампово-механического цеха, участок отладки штампов с прессами, термическое и кузнечное отделения.

Основными принципами компоновки новых корпусов, в которых размещают вышеуказанные вспомогательные службы, являются:

- четкое зонирование инструментальных и ремонтных цехов в случаях их размещения в одном здании;
- устройство продольных и поперечных сквозных проездов без пересечения их капитальными стенами и без поворотов;
- концентрация отделений и участков, требующих выгораживания, к одной-двум наружным стенам; например, к одной – термического, заготовительного с кузнечным, точного литья; к другой – участка точной расточки, электроэрозионной обработки, металлопокрытий, складов и т.п.;

– размещение линий и участков механической обработки и слесарно-сборочных с таким расчетом, чтобы транспортировка основной массы заготовок, полуфабрикатов деталей была наикратчайшей.

Если инструментальный цех сравнительно невелик и не разделен на участки по видам инструмента, то расстановку оборудования выполняют по групповому методу, т.е. по группам одноименных станков, например, токарных, строгальных, фрезерных, шлифовальных и т.п.

В более крупных цехах выделяют отделения режущего, мерительного, вспомогательного инструмента, приспособлений, восстановления инструмента. В таких цехах оборудование расставляют по участкам, а внутри участков – либо по группам, либо в некоторой технологической последовательности, но без соблюдения строгой поточности.

В крупных цехах, где целесообразно выделить такие участки, как, например, участок протяжек и прошивок, оборудование следует расставлять также по участкам, но соблюдая технологическую последовательность обработки наиболее типичного изделия.

Некоторые участки и станки, требующие особых условий, выделяют в изолированные помещения. Так, в отдельных помещениях размещают участки: лекальных работ, изготовления шаблонов и контршаблонов; точной (координатной) расточки, заточки режущего инструмента, шлифовки (особенно, точной), иногда – участок протяжных и зубообрабатывающих станков и т.д.

Цехи (отделения) штампов и литейной оснастки на крупных заводах можно размещать не в составе инструментального цеха (или корпуса вспомогательных цехов), а при цехах-потребителях этой оснастки.

В проекте инструментального производства завода должен быть определен годовой расход материалов (металла) для изготовления и ремонта инструмента и технологической оснастки. Этот расход, необходимый для определения площади складов и грузооборота, а также для экономической части проекта, рассчитывают по укрупненным показателям расхода на один основной станок по отделениям цеха в зависимости от серийности и характеристики объектов основного производства.

Основными технологическими процессами инструментальных (и ремонтно-механических цехов) являются механическая холод-

ная обработка металла и слесарно-сборочные работы.

Однако по ряду других работ, включаемых в состав инструментального цеха, как, например, окраска, промывка деталей с применением огнеопасных жидкостей, изготовление резинотехнических изделий и т.д., должны быть предусмотрены соответствующие мероприятия по взрыво- и пожаробезопасности.

По противозумным мероприятиям рекомендуются:

- концентрировать наиболее шумные цехи и отделения в одной зоне и располагать их с подветренной стороны;

- выдерживать надлежащие расстояния между шумными цехами и тихими помещениями;

- предусматривать вокруг шумных цехов создание шумозащитной зоны (кустарники, густолиственные и хвойные деревья);

- при разработке компоновочных и технологических планировок по возможности концентрировать шумные агрегаты в одном месте и выделять наиболее мощные источники шума в звукоизолированные помещения и специальные боксы (галтовочные барабаны, высокочастотные генераторы, стенды для обкатки и испытания агрегатов и механизмов и др.);

- заключать особо шумное оборудование или отдельные шумные его узлы в звукоизолирующие кожухи и капоты, с выводом наружу органов управления и контрольных приборов; необходимые отверстия в звукоизолирующих кожухах выполнять в виде каналов, облицованных изнутри звукопоглощающими материалами; по возможности осуществлять автоматическое управление работой шумного оборудования;

- предусматривать звукоизолированные кабины для наблюдения и дистанционного управления шумными агрегатами и установками;

- в помещениях с высокими уровнями шума применять звукопоглощающие облицовки потолков и стен, штучные звукопоглотители и звукопоглощающие экраны;

- предусматривать устройство виброизолированных фундаментов или амортизаторов под оборудование, работающее с сильной вибрацией, а также звукоизолирующую облицовку трубопроводов, излучающих шум.

В состав складского хозяйства вспомогательных цехов входят: центральный инструментальный склад (ЦИС), при котором могут быть предусмотрены участок консервации и

реконсервации инструмента, а также контрольно-проверочный пункт (КПП); центральный абразивный склад (ЦАС), в состав которого иногда входит испытательная станция для проверки абразивных материалов и кругов; центральные склады инструментальных сталей, литья и поковок, склад металлов для других вспомогательных цехов; склады отделов главного механика, главного энергетика и склад оборудования.

Центральный инструментальный склад (ЦИС) предназначен для хранения запасов инструмента и является базой для планового снабжения цехов предприятия всеми видами нормализованного и стандартизированного инструмента, а на предприятиях с крупносерийным и массовым производством — также и отдельными видами специализированного инструмента, планируемого по системе запасов (минимум-максимум).

Центральный инструментальный склад выполняет следующие работы:

- приемку инструмента, приобретаемого на стороне и изготовленного в собственных цехах предприятия;
- раскладку и хранение инструмента;
- выдачу инструмента в инструментально-раздаточные кладовые, а в случае, когда инструментальный цех делает посторонние заказы, — выдачу на сторону выполненных заказов (т.е. выполняет роль склада готовой продукции);
- ведет оперативный учет наличия и движения инструментов;
- контролирует состояние запасов инструментов;
- сигнализирует в инструментальный отдел (ИНО) или бюро инструментального хозяйства (БИХ) о необходимости закупки или изготовления инструмента при достижении "точки-заказа";
- консервирует хранимый и расконсервирует инструмент, выдаваемый в производство.

ЦИС создают на крупном машиностроительном предприятии; на мелких предприятиях может быть организована инструментальная кладовая при центральном материальном складе отдела материально-технического снабжения предприятия.

Структура ЦИС зависит от номенклатуры, объема хранения инструмента и его расхода, поэтому в составе ЦИС имеются:

- секции по хранению отдельных групп инструмента, например, режущего (стандартизированного и специального), мерительного, вспомогательного и т.п.;
- секция хранения абразивов (на заводах, где нет самостоятельного центрального абразивного склада);
- приемно-сортировочный пункт отбракованного инструмента;
- секция комплектующего инструмента (создается для комплектации наборов инструмента, необходимого при эксплуатации изделия, например шоферского инструмента, прилагаемого к автомобилю);
- кладовая хранения инструмента на изделия, временно снятые с производства (на предприятиях с мелкосерийным и единичным производством);
- абразивная мастерская со станцией испытания абразивов — создается в составе ЦИС на предприятиях, где самостоятельное абразивное хозяйство не предусмотрено;
- контрольно-проверочный пункт ОТК создают при ЦИС на крупных и средних заводах; на малых заводах предусматривают контролера ОТК;
- участок консервации и расконсервации инструмента (на крупных и средних предприятиях).

Ремонтное хозяйство, входящее в состав вспомогательного производства предприятия, предназначается для выполнения совокупности работ по техническому обслуживанию и ремонту заводского оборудования. Подлежащее ремонту оборудование по своему назначению можно отнести к следующим группам: технологическое, подъемно-транспортное, энергетическое, санитарно-техническое и др., применительно к которому в составе ремонтного хозяйства предусматриваются соответствующие подразделения (цехи, отделения и т.д.).

Расчет количества основных станков ремонтного хозяйства завода производят, исходя из общей сложности ремонта оборудования завода с учетом:

- серийности производства, структуры и средней продолжительности ремонтного цикла, принятого уровня централизованных и кооперированных поставок запасных частей и выполнения на стороне капитальных ремонтов;
- объема предусматриваемых работ по модернизации оборудования и изготовлению нестандартизированного оборудования.

Указывают распределение общего количества основных станков в зависимости от принятого метода организации ремонтных работ, количества и ремонтных особенностей обслуживаемого оборудования в различных производственных цехах завода.

Программа ремонтных работ должна содержать: общее количество единиц обслуживаемого оборудования, его среднюю и суммарную сложность ремонта; среднегодовое количество капитальных и других видов ремонтов; примерный объем работ по изготовлению запасных частей, нестандартизированного оборудования, модернизации оборудования.

При проектировании используется "Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования".

Кузнечно-сварочное отделение инструментально-штампового и ремонтно-механического цехов предназначено для изготовления поковок и сварных деталей и узлов к ремонту оборудованию завода, к новым и ремонтируемым приспособлениям, инструменту, штампам и другой оснастке.

К особенностям мероприятий по охране труда работающих в кузнечно-сварочном отделении относятся: устройство душирующих установок у рабочих мест; устройство местных отсосов у оборудования, выделяющего вредные газы и пыль (камерные нагревательные и термические печи, сварочные машины, дробеметный стол, обдирочно-шлифовальный станок). Противовушнные мероприятия: установка молотов на виброизоляциянные фундаменты; размещение галтовочных барабанов и дробеметных столов в изолированных помещениях.

Для обеспечения потребностей инструментального, штампового, модельного цехов, а также для обеспечения ремонтных нужд завода в литье на крупных заводах, как правило, предусматривают так называемые ремонтно-литейные цехи. Указанные цехи предназначены для литья из чугуна, стали и цветных металлов отливок по разовым заказам инструментальных и ремонтных цехов. Так как литье, производимое в этих цехах, самое разнообразное, основной номенклатурой производства цехов ремонтно-инструментального литья являются индивидуальные отливки в землю по деревянным (редко, металлическим) моделям, иногда — в кокили.

Кроме литья в землю и в кокили, широко распространены такие виды литья для инстру-

ментальных и ремонтных нужд, как точное стальное литье по выплавляемым моделям (отливают детали режущего и вспомогательного инструмента), литье в оболочковые формы (литье для штампов и пресс-форм).

Литейные отделения точного стального литья и литья в оболочковые формы иногда размещают в корпусах совместно с инструментальными и ремонтными цехами. Литейные цехи ремонтно-инструментального литья в землю и кокили, как правило, размещают в отдельных зданиях или в блоке с другими литейными цехами завода.

Отделения (участки) металлопокрытий инструментальных и ремонтных цехов предназначены для выполнения гальванических покрытий, необходимых в процессе изготовления некоторых видов инструмента и производства ремонтных работ по оборудованию. Наиболее часто применяют твердое хромирование и оксидирование деталей (режущего и мерительного инструмента, приспособлений, пресс-форм и холодных штампов). В процессе ремонта деталей иногда приходится выполнять наращивание изношенных поверхностей методом размерного хромирования.

В крупных ремонтных цехах, в которых изготавливают зубчатые колеса, шлицевые и карданные валы к оборудованию, возникает необходимость выполнять фосфатирование и меднение. В тех случаях, когда в инструментальном цехе изготавливают контрольные приспособления и приборы, иногда возникает необходимость в таких гальванических процессах, как декоративное хромирование, никелирование, анодирование и т.п.

Термические отделения инструментальных и ремонтных цехов предназначены для выполнения термообработки инструмента, деталей приспособлений, штампов, пресс-форм и другой технологической оснастки, а также для термообработки запасных деталей к оборудованию и деталей, подлежащих ремонту.

В инструментальном производстве окраска и пропитка встречаются довольно редко. В ремонтных цехах потребность в окраске и пропитке значительно больше.

Окраску в инструментальном производстве применяют для придания товарного вида оснастке, отправляемой покупателю. Для собственных нужд предприятия в инструментальном производстве иногда окрашивают сварочные и сборочные приспособления, штампы для холодной штамповки, мерительный и вспомогательный инструмент.

В ремонтных цехах окраску применяют каждый раз, когда заканчивается ремонт оборудования.

Пропитку электроизоляционным лаком применяют в ремонтном производстве в случаях, когда делается перемотка обмоток электродвигателей.

При перемотке обмоток электрошпинделей в инструментальных цехах подшипниковых заводов пропитку производят в электроремонтных цехах, где пропитывают обмотки электродвигателей.

При разработке проектов предприятий следует учитывать, что освоение электротехнических изделий, обладающих большой долговечностью, и создание централизованных ведомственных и территориальных электроремонтных предприятий, обеспеченных обменными фондами электрооборудования и складами запасных частей, позволяют во многих случаях отказаться от строительства на машиностроительных заводах электроремонтных цехов.

Изготовление запасных частей и ремонт сложного электрооборудования должны быть сосредоточены на предприятиях, выпускающих это оборудование.

При проектировании строительства новых и реконструкции действующих машиностроительных предприятий следует предусматривать:

- централизацию электроремонтных работ в специализированных цехах или предприятиях;

- применение типовой системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования;

- отказ от ремонта электрооборудования, восстановление которого нерентабельно или не может производиться в заводских электроремонтных цехах. К такому оборудованию относят: асинхронные и универсальные электродвигатели мощностью 0,1...0,25 кВт, напряжением 400 В, низковольтные аппараты до 1050 В, силовые конденсаторы всех видов и силовые трансформаторы мощностью 1800...4000 кВт · А и более с высшим напряжением 35, 110 и 220 кВ;

- получение от предприятий электро-технической промышленности всех необходимых запасных частей;

- использование обменных фондов централизованных электроремонтных предприятий;

- применение АСУ ремонтом и заказом запасных частей и сменного электрооборудования.

Ремонт встроенного станочного электрооборудования, производимый одновременно с ремонтом станков в ремонтно-механическом цехе (РМЦ), организуется индивидуально для каждого станка или механизма. Ремонт остального электрооборудования рационально организовывать партиями по 5...10 и более однотипных единиц.

Капитальный ремонт электрооборудования, транспортирование которого по габаритам, массе и сложности демонтажа не представляет затруднений (электродвигатели до 100 кВт, мелкие трансформаторы и т.п.), должны производиться в электроремонтных цехах или на централизованных заводах, применяющих прогрессивную технологию и оборудование, что позволяет улучшить качество и удешевить себестоимость ремонта.

Межремонтное обслуживание электрооборудования на небольших машиностроительных предприятиях может быть возложено на персонал электроремонтного цеха. На крупных заводах целесообразно межремонтное обслуживание поручать бригадам электромонтеров-слесарей, оперативно подчиненным механикам крупных производственных корпусов и цехов.

Электроцех производит эксплуатационное обслуживание электросетей и установок электрического освещения, высоковольтных кабельных и воздушных сетей, трансформаторных подстанций и распределительных устройств, а также электросетей и электроприводов.

В состав электроцеха входят следующие подразделения: мастерская осветительных арматур; бригада по обслуживанию электроподстанций и высоковольтной сети; бригада по обслуживанию низковольтных сетей и электроприводов.

Мастерская осветительных арматур производит ремонт светильников и их пускорегулирующей аппаратуры (дрессели, ПРА и т.д.), а также чистку светильников и смену ламп.

Обслуживание и ремонт светильников может производиться централизованно в одной мастерской для всего предприятия или децентрализованно силами персонала цехов.

Тепловой цех производит текущий ремонт и эксплуатационное обслуживание сетей и подводов трубопроводов к оборудова-

нию технологического, санитарно-технического и бытового назначения, обеспечивая надежную и бесперебойную подачу энергоносителей согласно заданным регламентам.

В сферу обслуживания цеха входят паропроводы, газовые сети, водоканализационные, отопительно-вентиляционные сети и установки, очистные сооружения сточных вод и вентиляционных выбросов в атмосферу, трубопроводы горячей воды, конденсата, жидкого топлива, масла, эмульсий, кислот и щелочей, электролитов и т.п. Персонал цеха производит осмотр, регулирование, наладку режимов и текущее обслуживание.

В теплоремонтном цехе ремонтируют и изготавливают запасные и сменные детали и узлы, а также выполняют различные заготовительные операции и сварочные работы, необходимые для ремонта теплоэнергетического оборудования и трубопроводов. Сборочные работы и ремонт тяжелых деталей крупного оборудования производят на месте его установки.

Заготовки используют непосредственно на трассах трубопроводов, применяя местные передвижные грузоподъемные средства малой механизации.

Программу работы цеха выражают величиной годовой трудоемкости ремонтных работ в человеко-часах, которую определяют на основании данных о количестве и технических характеристиках теплоэнергетического оборудования на проектируемом предприятии.

В состав оборудования цеха входят металлорежущие и гибочные станки и сварочные аппараты для ремонта и изготовления запасных частей.

Обработку крупногабаритных деталей, как например, цилиндров компрессоров и дизелей, дисков турбин, крыльчаток дымососов, гидравлических и пневматических деталей печей, а также зуборезные и другие работы целесообразно производить в ремонтно-механическом цехе, располагающим соответствующим технологическим оборудованием.

В состав деревообрабатывающего хозяйства машиностроительных заводов входят следующие цехи (отделения):

- деревообрабатывающие — изготавливают детали из древесины для основного производства;

- дерево модельные — изготавливают дерево модельную оснастку для литейных цехов;

- лесосушильные — производят сушку поступающего в производство пиломатериала до требуемой влажности;

- ремонтно-строительные — производят ремонт зданий и сооружений завода;

- тарные — изготавливают деревянную тару для изделий основного производства.

Основным материалом должен служить поступающий со специализированных лесопильных заводов пиломатериал, который предназначен для изготовления отдельных деталей, моделей, тары и для ремонтно-строительных нужд завода.

Механизация и автоматизация деревообрабатывающего хозяйства предусматривает следующие мероприятия:

- автоматизацию загрузочно-разгрузочных операций деревообрабатывающих станков типовыми средствами и путем разработки специальных загрузочно-разгрузочных устройств;

- применение специальных и универсальных механизированных и автоматизированных приспособлений, обеспечивающих повышение производительности станков за счет сокращения времени на вспомогательные операции: установку, выверку, закрепление, снятие обрабатываемых деталей;

- механизацию производственных процессов осуществляют путем создания поточных механизированных и автоматических линий по раскрою пиломатериалов на черновые заготовки, с применением гидравлических подъемников для подачи досок, транспортного оборудования для перемещения заготовок и уборки короткомерных отходов;

- клеильные и сборочные работы механизуют пневматическими и гидравлическими прессами и сборочными приспособлениями, клеевыми вальцами для нанесения клея, типовым и специальным оборудованием для сверления гнезд и отверстий.

Для разгрузки железнодорожных вагонов применяют железнодорожные, а также башенные или козловые краны.

Сырые пиломатериалы хвойных пород хранят на открытых складах в "круглых" штабелях, в досках или пакетах после предварительной сортировки и отбраковки.

Сухой пиломатериал хранят в плотных пакетах, укладывают в штабеля электропогрузчиком или крановыми средствами. Пакеты подают к станкам транспортными средствами с использованием тележек или рольгангов.

При мелкосерийном производстве готовые детали и полуфабрикаты хранят в специальных подступных устройствах, перемещаемых на тележках с подъемной платформой.

В массовом и серийном производстве хранение организуют в несколько ярусов пакетами, перемещаемыми подвесными крановыми средствами или электропогрузчиками.

На складах моделей мелкие модели хранят в многоярусных стеллажах, оснащенных специальными штабелерами, крупные модели — на подставках с обслуживанием однобалочными кранами.

При проектировании деревообрабатывающих цехов надлежит, кроме общих для машиностроительных заводов правил техники безопасности, руководствоваться правилами техники безопасности и производственной санитарии в деревообрабатывающей промышленности.

В газовых сушильных камерах, кроме того, необходимо руководствоваться правилами безопасности в газовом хозяйстве.

Процессы механической обработки древесины всегда сопровождаются образованием значительного количества опилок, стружек древесной пыли. Обеспыливание — одно из основных мероприятий по охране труда и техники безопасности.

Хорошо спроектированная и правильно смонтированная пневмо-транспортная установка обеспечивает автоматическое удаление почти 95 % всех опилок, стружек от станков и создает нормальные условия работы.

Отопление деревообрабатывающих, модельных, тарных цехов совмещается с приточной вентиляцией, которая компенсирует вытяжку от деревообрабатывающих станков.

Дерево модельный цех предназначен для изготовления и ремонта деревянных моделей: для отливок фасонных деталей (производственных и ремонтных), металлических моделей, изготовления литейной оснастки. Основными потребителями дерево модельной оснастки являются тяжелое машиностроение, станко- и судостроение, крупное энергомашиностроение, т.е. отрасли с преобладанием единичного, мелкосерийного и серийного производства.

Дерево модельные цехи классифицируются на мелкие, средние, крупные и особо крупные.

Производственный процесс изготовления модельных комплектов может быть осуществлен следующей организацией работы.

При индивидуальном методе отсутствует расчленение операций и квалифицированный модельщик затрачивает 50...60 % времени на работы, не требующие высокой квалификации (первичную обработку древесины, склейку щитов и т.д.).

Недостатки метода: наличие большого количества отходов, не имеющих применения; потребность в большом количестве модельщиков, а также специального инструмента и оснастки; низкая производительность труда.

Бригадный метод получил большее распространение на ряде машиностроительных предприятий. Изготовлением модельного комплекта занимается бригада, бригадир является модельщиком высокой квалификации и осуществляет технологическую подготовку производства. При этом методе существует определенное расчленение операций технологического процесса.

Недостатки метода: неприменим при изготовлении мелких моделей из-за невозможности расчленения операций технологического процесса; невозможность организации двухсменной работы, так как производственные площади заняты находящимися в изготовлении модельными комплектами.

В основу *пооперационно-маршрутного метода* положено расчленение сложного технологического процесса на большое количество простых операций с выделением подготовительных и вспомогательных операций. Эффективность подобной организации производства определяется значительной предварительной технологической подготовкой.

Ремонтно-строительный цех обеспечивает профилактический малый и текущий ремонт зданий и сооружений, производит ремонт и изготовление деревянного хозяйственного и производственного инвентаря.

Тарный цех предназначен для изготовления тары.

Упаковка готовой продукции является неотъемлемой частью технологического процесса завода. Одним из основных материалов для упаковки в машиностроении является древесина.

При разработке проектов тарных цехов на машиностроительных заводах необходимо сокращать расход тарной древесины, а организацию производства тары на заводах экономически обосновывать.

Мелкие ящики преобладающих типоразмеров изготавливают обычно из тарных комплек-

тов (дошечек), получаемых от специализированных деревообрабатывающих предприятий.

Ящики для крупных машин, изделий, ящики нестандартизированных типоразмеров, а также ящики в специальном исполнении изготовляют в тарном цехе.

Внедрение контейнерной перевозки на предприятиях машиностроительной промышленности, большого количества мелких агрегатов, частей машин, метизов, инструментов и другой продукции, поставляемой в порядке кооперации с одних машиностроительных заводов на другие, запасных частей и инструментов для всех отраслей народного хозяйства, а также для внутризаводского перемещения и хранения материалов, полуфабрикатов и изделий позволяет комплексно механизировать погрузочно-разгрузочные работы.

Для полной загрузки деревообрабатывающих станков тарные цехи (отделения) целесообразно блокировать с ремонтно-строительным цехом (отделением) завода.

Механическую обработку древесины производят на специализированных деревообрабатывающих станках, сколотку ящиков выполняют на гвоздезабивных и сшивных станках, отдельные операции с помощью скобо- и гвоздезабивных пистолетов и установок.

Площадь цеха определяют, исходя из необходимого количества технологического оборудования, рабочих мест, конвейеров и принятой удельной площади на одно рабочее место, станок. Вспомогательная площадь составляет в среднем 35...40 % от общей производственной площади.

Абразивное производство на машиностроительном заводе предназначено для снабжения и обслуживания завода:

- абразивными инструментами;
- инструментами для правки шлифовальных кругов (правящими);
- алмазными инструментами, применяемыми на других операциях – контрольных, токарных и т.д.;
- абразивными материалами и алмазным сырьем (алмазы в кристаллах), применяемыми абразивным цехом для изготовления абразивных и алмазных инструментов.

Собственное производство абразивных инструментов (в том числе, абразивно-алмазных и абразивно-эльборовых кругов, брусков, головок и шлифовальных шкур) на машиностроительных заводах, как правило, не создают. Эти инструменты должны поставлять спе-

циализированные заводы абразивно-алмазной промышленности.

При применении машиностроительным заводом большой номенклатуры нестандартизированных абразивных инструментов допускается, в отдельных обоснованных случаях, создавать участки собственного производства абразивных инструментов на керамической, бакелитовой, вулканитовой и эпоксидной связках.

По годовому выпуску эти участки должны быть минимальными – с учетом загрузки не менее одной смены установленного на этих участках минимального комплекта технологически необходимого оборудования. В случаях неполной загрузки установленного оборудования, для повышения коэффициента его загрузки, допускается частичный выпуск стандартной номенклатуры инструментов с уменьшением их поставки со стороны, или за счет изготовления нестандартизированной номенклатуры и поставки на сторону по кооперации возможным потребителям.

Абразивные цехи машиностроительных заводов по их назначению подразделяют на два основных вида: цехи подготовки абразивных инструментов к эксплуатации (цехи эксплуатации) и комплексные цехи.

В функции цехов эксплуатации входят:

- подготовка абразивных инструментов к эксплуатации;
- выполнение процессов химикотермической обработки;
- изготовление картонных прокладок;
- изготовление нестандартизированных абразивных инструментов способом переточки стандартных типоразмеров и восстановлением их отходов;
- изготовление нестандартизированных полировальных материалов;
- изготовление и подготовка к повторному применению однокристалльных алмазных инструментов и алмазозаменителей.

Комплексные цехи выполняют все функции цеха эксплуатации и дополнительно изготавливают нестандартные и частично стандартные абразивные инструменты из свежих абразивных материалов на разных видах связок.

Состав цеха зависит от номенклатуры изготавливаемых инструментов иготавливаемых к эксплуатации и повторному применению.

В состав цеха эксплуатации могут войти:

— производственные отделения и участки — механической обработки; подготовки к эксплуатации кругов круглого и бесцентрового шлифования; кругов плоского шлифования, залитых в планшайбы; кругов внутреннего шлифования, наклеенных на оправки; подготовки к эксплуатации кругов-блоков; химико-термической обработки; изготовления и ремонта алмазных инструментов и алмазозаменителей, ремонта средств крепления; испытательная станция;

— вспомогательные участки — ремонтная база механика и энергетика цеха, помещенные мусоросборки;

— складские помещения — инструментально-раздаточная кладовая (ИРК), кладовая запчастей механика и энергетика, кладовая легко воспламеняющихся жидкостей (масла, щелочей, стеарина, вазелина, керосина и других химикатов), кладовая хлопчатобумажной ленты, помещения санитарно-технических и энергетических установок, служебно-бытовые помещения.

В состав комплексного цеха, кроме перечисленных выше участков и помещений, дополнительно входят: отделение собственного производства абразивных инструментов со всеми входящими в его состав производственными участками и санитарно-техническими установками; складские помещения — кладовая каучука и компонентов вулканитовой связки, цеховой склад шлифовальных материалов, кладовая пресс-форм, кладовая незавершенного производства; помещения технического контроля (ОТК) цеха, абразивная лаборатория.

При небольших объемах производства некоторые участки объединяют в одно отделение, а кладовые с совместимыми к хранению материалами объединяют в одну.

Материалы, применяемые абразивными цехами, подразделяются на абразивные и неабразивные, а по назначению на основные и вспомогательные.

К основным материалам, кроме собственно материалов, применяемых для изготовления абразивных и правящих инструментов, подготовки их к эксплуатации и повторному применению, относятся новые и сработанные шлифовальные круги, которые применяются как заготовки для изготовления нестандартизированных и стандартных абразивных инструментов.

В абразивных цехах для производственных целей применяются следующие виды энергии.

Электроэнергия — для электродвигателей технологического и подъемно-транспортного оборудования, вытяжной и приточной вентиляции; технологических целей (печи сопротивления, индукционные нагреватели промышленной частоты, высокочастотные закалочные установки), освещения.

Мощность токопотребляющего оборудования принимают по ведомости установленного оборудования отдельно по силовому оборудованию (двигателям) и печам.

Пар — для паровых сушильных шкафов, обогрева валков, вальцев и каландров.

Газ — для газовых печей обжига керамических абразивных изделий.

Горячая вода — для промывки абразивных изделий при обработке их на плоскошлифовальных станках, подогрева валков вместо пара, мойки бакелитовых мешалок.

Холодная вода — для смачивания абразивных изделий на операциях механической обработки, охлаждения валков смесительных вальцев, охлаждения высокочастотной закалочной установки, приготовления бакелитовых и щелочных растворов, увлажнения пыли в циклонах и фильтрах мокрой очистки воздуха от пыли.

Сжатый воздух — для пневматических зажимных устройств токарных и прочих станков, ручного пневмоинструмента и слесарных тисков, пневматических прессов для вырубки вулканитовых кругов, толкателей массы на вальцах, обдувки абразивных изделий после механической обработки в специальной камере; приборов для определения твердости, кантователей (стендов) для демонтажа и монтажа кругов, подъемных столов у рабочих мест.

Проектирование цехов и участков пластмассовых изделий ведут по заданию на проектирование в тех случаях, когда для данной отрасли машиностроения не предусмотрена поставка пластмассовых изделий со специализированных предприятий и не могут быть использованы детали массового производства.

Программа цеха определяется количеством перерабатываемого материала на выпуск годных изделий, исходя из массы изделия.

В зависимости от выбранного типа материала и конфигурации изделия определяется метод его переработки — термоактивные материалы в большинстве своем перерабатывают методом компрессионного прессования; термопластичные — литьем, выдувкой, вакуум- и пневмоформованием и т.д.

При проектировании должна быть разработана техническая документация по очистке стоков и вредных выбросов в атмосферу, а также переработке и, по возможности, использованию технологических отходов.

Центральные заводские лаборатории (ЦЗЛ) выполняют следующие работы:

- контрольные анализы и испытания сырья, материалов (основных и вспомогательных), газов в жидком или газообразном состоянии, полуфабрикатов и деталей, поступающих со стороны и на любой стадии производственных процессов, на соответствие их стандартам и техническим условиям; контроль соблюдения технологии и качественных результатов ее осуществления;

- разработка мероприятий по борьбе с браком на основании проведенных исследований и анализов;

- разработка новых технологических процессов и внедрение в производство результатов научно-исследовательских работ по внедрению более прогрессивной технологии;

- разработка рекомендаций по интенсификации технологических процессов;

- проведение производственно-исследовательских и научно-исследовательских работ по применению новых видов сырья и материалов;

- разработка производственных инструкций и технических условий, участие в разработке новых стандартов;

- исследование вышедших из строя во время эксплуатации машин, деталей и узлов и разработка мероприятий по устранению преждевременного их износа;

- разработка и внедрение эффективных методов контроля качества изделий;

- исследование работы печей и прочих нагревательных устройств и разработка мероприятий по повышению их производительности и улучшению конструкции;

- проверка и контроль работы лабораторных приборов и испытательных машин;

- методическое руководство цеховыми лабораториями.

ЦЗЛ должна быть предусмотрена на любом машиностроительном предприятии, независимо от объема производства и размера завода.

В состав ЦЗЛ входят специализированные лаборатории, наличие каждой из них зависит от объема производства.

Примерный состав центральных лабораторий.

Специализированные лаборатории и службы: металлографическая, механических испытаний, металлофизическая (физических методов исследований), рентгеновская, изотопная, химическая, спектральная, химико-технологическая, теплотехническая, пирометрическая, формовочных материалов, термическая и электронагрева.

Вспомогательные службы: механическая мастерская, мастерская точной механики, группа механика, группа снабжения,

В ЦЗЛ используют следующие виды энергии: электрическую, сжатый воздух, пар, газ, холодную и горячую воду.

Как правило, водоснабжение предусматривается по замкнутой системе охлаждения, с обеспечением заданной допустимой жесткости воды.

Водоотведение стоков предусматривается с их нейтрализацией.

При размещении ЦЗЛ в многоэтажных зданиях на первом этаже следует предусматривать лаборатории и мастерские с тяжелым оборудованием, для механических, литейных, сварочных и других работ. На верхних этажах следует размещать лаборатории, например химические, требующие отсосов и вытяжки вредных отходов.

Помещения рентгеновской и изотопной лабораторий необходимо располагать изолированно от всех остальных помещений.

Центральные измерительные лаборатории (ЦИЛ) и контрольно-поверочные пункты.

Измерительная лаборатория машиностроительного предприятия обеспечивает на предприятии единство и достоверность измерений линейных и угловых величин, являющихся одним из важнейших средств повышения эффективности производства, улучшения качества продукции.

Измерительная лаборатория в своей деятельности руководствуется государственными стандартами, правилами, инструкциями и другими нормативно-техническими документами по вопросам метрологического обеспечения предприятия, организации и деятельности метрологической службы.

Основными функциями измерительной лаборатории являются:

- сохранение единства мер, своевременное предъявление на государственную

поверку рабочих эталонов, образцовых приборов и универсального инструмента, периодическая поверка, хранение и поддержание на должном уровне мер и измерительных приборов для линейных и угловых измерений;

- проведение ремонта, наладки и юстировки средств измерений;

- разработка и внедрение проверочных схем, установление оптимальной периодичности поверки средств измерений, составление календарных графиков их поверки, в том числе средств автоматизации и механизации контроля;

- проведение сложных и точных измерений изделий и деталей, которые не могут быть выполнены силами и на оборудовании других подразделений;

- участие в создании, внедрении и аттестации нестандартизированных средств измерений специального назначения, изготовленных в единичных экземплярах или разовыми партиями для нужд предприятия;

- техническая приемка и изучение метрологических, эксплуатационных свойств и учет вновь поступающих средств измерения с целью их совершенствования, в том числе средств автоматизации и механизации контроля; информация подразделений метрологической службы предприятия о выявлении дефекта конструкции и изготовления, а также о соответствии средств измерений условиям эксплуатации;

- контроль правильности определения требований к средствам и методам измерений в нормативно-технической документации, разрабатываемой на предприятии; участие в выборе и назначении средств и методов измерений пооперационного и выходного контроля качества выпускаемой продукции, а также для экспериментальных и научно-исследовательских работ;

- замена морально устаревших средств измерения новыми, в том числе автоматическими, принудительное изъятие из эксплуатации изношенных, не прошедших своевременной поверки и используемых не по назначению измерительных средств;

- регулярный выборочный инспекционный контроль изготавливаемых деталей: выявление причин брака при изготовлении и в процессе эксплуатации и разработка мероприятий по их устранению;

- проверка по государственным стандартам точности финишных металлорежущих

станков; проверка режущего инструмента и покупных комплектующих деталей.

ЦИЛ состоит из групп:

- надзора, оперативно-производственных измерений;

- мелкого ремонта, юстировки и поверки приборов;

- эталонирования и точных измерений, в том числе поверки концевых и штриховых мер;

- производственно-исследовательских работ и разработки методов контроля, измерения зубчатых колес и зуборезного инструмента, измерения резьб.

Необходимость организации отдельных групп определяется категорией ЦИЛ и объемом производимых работ. Отдельные группы ЦИЛ могут быть объединены при условии выполнения работниками всех возложенных на эти группы задач.

Основными требованиями к помещениям являются: по воздушной среде (температура) и виброизоляции (виброустойчивость приборов).

Измерительную лабораторию следует размещать не выше первого этажа здания, свободного от вибраций и влияния условий, вызывающих коррозию и загрязнение измерительных средств. Она должна находиться на удалении от таких производств, как, например, кузнечно-прессовое, химическое, прокатное, а также от транспортных магистралей.

Целесообразно размещать измерительную лабораторию совместно, например, с инструментальным цехом, в котором также сосредоточен большой объем точных измерений.

Для особо точных измерений необходимо предусматривать термоконстантное помещение с допустимыми величинами по температурному режиму и относительной влажности воздуха. Кроме того, воздух должен быть сухим и очищенным от пыли, масел, вредных газов.

В помещении создается напор воздуха, с превышением притока над вытяжкой.

1.5.12. СКЛАДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Назначение. Под складами понимаются устройства, предназначенные для приема, хранения (складирования), подготовки к выдаче и обеспечения бесперебойного снабжения потребителей топливом, сырьем, материалами, полуфабрикатами, готовыми изделиями, оборудованием. На машиностроительных заводах для хранения каждого из указанных видов имущества, материалов, топлива и сырья устраиваются отдельные склады.

Склады машиностроительных заводов классифицируются по следующим признакам:

- по характеру деятельности (по назначению);
- по виду и характеру хранимых материалов;
- по месту расположения и масштабу действия;
- по типу (конструкции) здания;
- по степени огнестойкости.

По характеру деятельности (назначению) склады машиностроительных заводов подразделяются на снабженческие, производственные и сбытовые.

Снабженческие склады находятся в ведении органов материально-технического снабжения предприятия. В них хранятся материальные запасы, предназначенные для обеспечения непрерывного и бесперебойного производственного процесса и планового его обеспечения всем необходимым. От четкой работы снабженческих складов в значительной степени зависят успех работы предприятия, ритмичность производства, выполнение производственных планов.

Сбытовые склады находятся в ведении отделов сбыта предприятия. В них хранится готовая продукция предприятия, подлежащая отгрузке потребителям в соответствии с установленным планом сбыта готовой продукции.

По виду и характеру хранимых материалов склады машиностроительных заводов делятся на универсальные и специализированные. Универсальные склады обычно бывают приспособлены для хранения самых различных видов материалов, чем и определяется универсальность их оборудования. К универсальным складам относятся, прежде всего, центральные материальные склады заводов, предназначенные для хранения различных материалов и изделий производственного и хозяйственного назначения, потребляемых всеми или многими цехами.

Специализированные склады предназначены для хранения определенных видов материалов. К ним относятся склады шихтовых и формовочных материалов, твердого и жидкого топлива, смазочных, химических и других материалов.

По типу зданий, их конструкций и устройству складские сооружения делятся на закрытые, полужакрытые, открытые и специальные.

Закрытые складские помещения могут быть одноэтажными и многоэтажными, отапливаемыми и неотапливаемыми.

К полужакрытым складским устройствам относятся навесы, а также склады, у которых стены имеются не по всему периметру.

Под открытыми складами понимают специальные площадки, приспособленные для хранения отдельных видов материалов (металла, твердого топлива и др.). Площадки, как правило, имеют покрытия, поднятые на некоторую высоту по отношению к грунту, с уклоном к водостокам.

К специальным складским устройствам относятся бункерные сооружения для хранения различных сыпучих материалов, резервуары для хранения жидкостей и пр.

По месту расположения и масштабу действия склады предприятий делятся на центральные (общезаводские), прицеховые и цеховые.

Центральные склады обслуживают все или большинство цехов завода. Они предназначены для хранения таких материальных ценностей, которые потребляются различными цехами завода и обеспечением которых занимается отдел материально-технического снабжения предприятия. К такого рода складам относятся центральный склад металла, обслуживающий металлом заготовительные и механические цехи завода; центральный инструментальный склад; склад горючих и смазочных материалов; склад деталей, идущих на сборку. Крупные центральные склады называют еще базисными.

Прицеховые склады предназначены для обслуживания какого-либо одного цеха. Они организуются в тех случаях, когда тот или иной цех является единственным или основным потребителем каких-либо материальных ценностей. Если, например, прессовый цех завода является основным потребителем листового металла, то при этом цехе целесообразно организовать склад листового металла.

По степени огнестойкости складские помещения делятся на негорюемые, трудногорюемые и сгораемые.

Категория складов, а также степень огнестойкости складских помещений имеют большое значение, так как в зависимости от этого устанавливаются тип склада, его габаритные размеры, этажность и расстояния между складскими зданиями и другими сооружениями.

Состав складов зависит от типа завода, масштаба и организации производства, уровня его специализации и кооперирования, номенклатуры хранимых материалов и изделий, условий материально-технического снабжения.

В состав складского хозяйства входят склады материально-технического обеспечения, склады основного технологического назначения и специализированные склады.

Склады материально-технического обеспечения (общезаводские):

- главные магазины или центральные материальные склады для хранения качественных черных и цветных металлов, заготовок, метизов, инструментов и абразивов, резино-технических изделий, электротехнических и радиотехнических изделий и материалов, текстиля, спецодежды;

- металла (рядового проката и листа);
- химикатов;
- ремонтно-строительных материалов, предназначенных для ремонта и содержания сооружений промышленного предприятия;

- оборудования;
- жидкого топлива и горюче-смазочных материалов;

- лесоматериалов.

Склады основного технологического назначения (внутрикорпусные и внутрицеховые):

- сырья, материалов и заготовок;
- полуфабрикатов и комплектующих изделий;

- инструментов, абразивов, приспособлений и штампов;

- вспомогательных материалов;

- готовой продукции.

Специализированные склады:

- кислорода, ацетилена, пропан-бутана, химикатов и других материалов, требующих специальных условий хранения.

Подразделение складов по внешним признакам:

- открытые склады хранения материалов, не подвергающихся изменению от воздействия температуры, атмосферных осадков, влажности или сухости воздуха, ярких солнечных лучей и т.п.;

- закрытые склады для хранения качественных материалов, изменяющихся от воздействия температуры, атмосферных осадков и запыления. Они могут быть отапливаемыми или неотапливаемыми, в зависимости от рода хранимых материалов и от климатического пояса, в котором расположены склады;

- бункерные и силосные склады для хранения мелкозернистых и сухих пылевидных материалов.

Перечень складов машиностроительных предприятий с указанием их назначения приведен в табл. 1.5.3.

1.5.3. Перечень складов

Склад	Складируемые материалы и изделия	Место расположения
Металла	Черные и цветные металлы (пруток, профиль, трубы, лист и др.)	В производственном корпусе или в отдельно стоящем здании
	Черные металлы крупных профилей	На открытой площадке
Крупного литья и поковок	Крупные отливки и поковки (на полу)	На открытой площадке
Среднего и мелкого литья и поковок	Среднее и мелкое литье и поковки	В производственном корпусе или в отдельно стоящем здании
Изделий смежных производств (комплектующих изделий)	Комплектующие изделия (готовые узлы, гидро- и пневмоаппараты, насосы, подшипники, нормали и др.)	
Центральный материальный	Хозяйственно-вспомогательные и технические материалы, цветные и черные легированные металлы и др.	В отдельно стоящем здании
Центральный инструментальный	Инструмент	В производственном корпусе или в отдельно стоящем здании
Центральный, абразивный и прочие	Абразивы, запасные части, приборы, аппараты, электродвигатели и др.	

Продолжение табл. 1.5.3

Склад	Складируемые материалы и изделия	Место расположения
Готовой продукции	Готовая продукция (в стеллажах)	В производственном корпусе или в отдельно стоящем здании
	Готовая продукция (на полу)	На открытой площадке
Масел и химикатов (тарное хранение) в составе отделений: масла и смазки в бочках, краски в бочках и бидонах, химикаты в разных упаковках, кислоты в бутылках, растворители в бочках	Масла и химикаты (на стеллажах и в штабелях в изолированных помещениях с наружными выходами)	В отдельно стоящем здании
Масел и светлых нефтепродуктов (бензин, керосин, растворители и др.)	Масла и нефтепродукты (в резервуарах)	Отдельно стоящее резервуарное хранилище с насосными станциями
Сжатых газов	Сжатый газ в баллонах (кислород, ацетилен, аммиак, углекислый газ и др.)	В отдельно стоящем здании
Кислоты	Кислоты	В отдельно стоящем здании
Стройматериалов и огнеупоров	Стройматериалы и огнеупоры	В отдельно стоящем здании
Металлоотходов	Отходы металла (лом и стружка)	На открытой площадке

В зависимости от назначения складов, характера и количества хранимых материалов при проектировании необходимо предусматривать рациональное размещение складов различного назначения в блоке с производственными корпусами или как самостоятельное обособленное одно- или многоэтажное сооружение.

Важным вопросом организации складского хозяйства на машиностроительных заводах является правильное размещение складов на территории предприятия. На предприятиях промышленности существует технологическая связь между отдельными их складами и цехами – потребителями материалов. В силу этой связи отдельные склады, тяготеющие к определенным цехам, как правило, располагаются или рядом с ними, или вблизи от них в наиболее удобных местах.

Основными принципами рационального размещения складов на территории предприятия являются прямолинейность грузопотоков, удобство транспортирования грузов и хорошая связь с подъездными путями, приближение хранимых материальных ценностей к главным

цехам – потребителям этих ценностей с целью более экономичного и быстрого их обслуживания, пожарная безопасность в отношении расположения к другим строениям и цехам предприятия.

Как уже указывалось выше, на машиностроительных заводах, потребляющих разнообразные материалы и изделия, обычно имеются склады шихтовых и формовочных материалов, черных металлов, твердого и жидкого топлива, смазочных материалов, химических материалов, газов, лесных и строительных материалов, центральный материальный склад, склад оборудования и др. Некоторые из этих складов размещаются как самостоятельные, обособленные сооружения (склады легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, газов и т.д.), другие размещаются в одном общем здании (центральный склад), разделенном на отдельные секции (металлоизделий, цветных металлов, электротехнических и других материалов).

Целесообразность устройства тех или иных обособленных складских сооружений

решается при проектировании новых или реконструкции существующих заводов в зависимости от назначения складов, характера и количества хранимых в них материалов.

При размещении складов на территории машиностроительного завода должно быть обеспечено соблюдение следующих основных условий:

- прямолинейность грузопотоков и кратчайшее расстояние перемещения грузов;
- удобство транспортирования грузов и наилучшая связь с подъездными путями и дорогами общегосударственного значения;
- максимальное приближение хранимых материалов к местам их потребления;
- пожарная безопасность в отношении близрасположенных строений и цехов завода.

Таким образом, при несблокированном решении генерального плана промышленного предприятия рациональное размещение материальных складов должно в первую очередь предусматривать наименьшее количество перевалок грузов от места разгрузки до места их потребления, обеспечение непосредственной подачи непрерывно потребляемых материалов и топлива в соответствующие цехи-потребители, минуя промежуточное складирование, а также сокращение излишних и значительных расстояний перевозок.

Для хранения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и газов выделяются самостоятельные участки в особой зоне. Наземные и полуподземные склады нефти, бензина, керосина и других горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, а также ядовитых веществ, надлежит располагать в соответствии с требованиями строительных норм и правил (СНиП), а также в соответствии со специальными требованиями, действующими нормами и техническими условиями проектирования складских сооружений для хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

В складах химикатов и ядов хранят кислоты, щелочи, соли, окислы, флюсы, литейные крепители, клеи, лакокрасочные материалы и растворители.

Кислоты в зависимости от назначения, состава и характеристики поступают и хранятся на складах в цистернах, бочках, изготовленных из кислотоупорного материала, а также бутылках, упакованных в корзинах или в деревянных обрешетках.

Щелочи, соли, окислы, крепители и клеи в зависимости от их вида поступают на скла-

ды, как правило, в стальных или деревянных бочках, барабанах и в бумажных или пластмассовых мешках.

Лакокрасочные материалы поставляются в бидонах, металлических бочках и банках, бутылках, установленных в деревянные ящики или обрешетки.

Сухие краски хранятся в плотных деревянных бочках или барабанах, в деревянных ящиках и в мешках.

Отдельные виды кислот, крепителей и щелочей, как, например, кислоты азотные и серные, калий едкий в жидком состоянии или крепители, составной частью которых является сульфитная барда, в зависимости от потребляемого количества поставляются на заводы в железнодорожных или автомобильных цистернах.

Обязательными условиями являются защита хранимых материалов от действия прямых солнечных лучей, достаточная кубатура и хорошая вентиляция помещения.

Учитывая агрессивность и огнеопасность большинства химических материалов, складские помещения для их хранения должны быть огнестойкими и разгороженными на отсеки для раздельного хранения химических, лакокрасочных и других материалов в одном здании, но в отдельных изолированных помещениях.

На предприятиях, где лакокрасочные материалы применяются в больших количествах, организуется централизованное приготовление и снабжение ими цехов.

Сырьевые материалы, кооперированные изделия смежных производств и топливо на склады машиностроительного завода в зависимости от формы снабжения ими (транзитной или складской) и расстояния до предприятий-поставщиков поступают, как правило, по железной дороге и автомобильным транспортом.

Исходя из этого, склады завода должны иметь соответствующие подъезды и въезды (внутрь склада) для железной дороги или автотранспорта, а в ряде случаев для того и другого.

Со складов в цехи-потребители все грузы доставляются в зависимости от расположения склада и характера перевозимого груза подъемно-транспортными средствами безрельсового напольного транспорта, а также различными конвейерными системами.

Для механизации погрузочно-разгрузочных и прочих трудоемких внутрискладских

подъемно-транспортных операций склады оборудуются различными кранами (мостовыми, козловыми, консольными), монорельсовыми системами с передвижными электроталыми, конвейерными системами сортировочно-распределительного назначения, а также наполняемыми электропогрузчиками и электроштабелерами.

При устройстве железнодорожных путей широкой и узкой колеи около складских помещений и вводе их внутрь складов необходимо выдерживать габариты приближения строений и подвижного состава, установленные соответствующими стандартами.

Автомобильные дороги обеспечиваются свободным доступом ко всем складским помещениям.

Автомобильные дороги с твердым покрытием должны примыкать непосредственно к рампам и пандусам с таким расчетом, чтобы автомобили могли подъезжать к рампам вплотную, а механические и другие тележки, а также автопогрузчики, при необходимости могли непосредственно въезжать с дороги на пандус и с него.

Материалы, топливо и различные изделия машиностроения требуют при хранении специальных устройств: стеллажей, закромов, бункеров, резервуаров. Эти устройства, прежде всего, должны обеспечивать сохранность материалов и изделий без изменения их качества. Тот или иной материал каждой марки, сорта и размера необходимо хранить в соответствующем стеллаже, закроме, бункере. В одной ячейке стеллажа, закрома или бункера нельзя хранить два и более сортов или марок материала, потому что это усложняет выдачу, вызывает пересортицу и порчу. Сохранность материала или изделия без изменения их качества обеспечивается только в том случае, когда хранение производится в установленных для этого условиях с применением соответствующего оборудования и приспособлений.

Используемое складское оборудование и приспособления для хранения должны позволять укладывать материал или изделия с одной стороны, а отпускать их с другой, обеспечивая при этом прямопоточность поступления и выдачи.

Все виды оборудования, служащие для хранения топлива, материалов и различных изделий, можно разделить на три основные группы:

- для хранения штучных и затаренных материалов (металлов, метизов, инструмента,

металлообрабатывающего, электротехнического и другого оборудования, запасных частей);

- для хранения сыпучих материалов (угля, формовочных материалов и др.);

- для хранения нефтепродуктов и смазочных масел.

Для хранения различных штучных и затаренных материалов и изделий применяются универсальные и специальные стеллажи и приспособления в виде различных грузовых столиков-поддонов, транспортной тары на ножках и т.д.

Универсальные стеллажи могут быть полочные, клеточные и ящичные, отличающиеся друг от друга устройством, материалом, из которого они изготовлены, размерами. Для изготовления универсальных стеллажей обычно применяют металл, дерево, железобетон.

Основными достоинствами деревянных стеллажей являются быстрота изготовления, легкость сборки и разборки, сравнительно низкая стоимость (ввиду дешевизны сырья и процесса изготовления), небольшой вес. К недостаткам деревянных стеллажей относят сравнительно небольшой срок их службы и ограниченная возможность использования для хранения тяжеловесных материалов и изделий.

Стеллажи смешанной конструкции изготавливаются в виде металлического каркаса, состоящего из стальных или чугунных стоек с деревянной обшивкой и такими же деревянными полками. Каркас стеллажей изготавливается обычно из уголкового металла или водопроводных труб. К достоинствам таких стеллажей следует отнести сравнительно низкую стоимость изготовления, относительную легкость сборки и разборки, большую прочность и долговечность.

Железобетонные стеллажи чаще всего бывают сборной конструкции. Эти стеллажи, как и металлические, отличаются прочностью, долговечностью и безопасностью в пожарном отношении. В отличие от металлических, они не требуют каких-либо расходов по их содержанию (окраске и т.д.).

Для рационального использования стеллажей существенное значение имеет правильный выбор их размеров. Размеры стеллажей должны обеспечивать наиболее оптимальную емкость и вместимость каждого стеллажа при наилучшем использовании площади и кубатуры склада.

Для хранения определенных видов материалов и изделий применяются специальные

стеллажи. Так, для хранения бочек с легковоспламеняющимися жидкостями и другими материалами, хранящимися в закрытом помещении, используются особые металлические стеллажи. При этом, для лучшего использования объема склада, применяются стеллажи с многоярусной укладкой бочек.

Инструмент обычно хранится в штабелях и на стеллажах. В штабелях хранят грубый инструмент (для земляных и других работ). Инструмент для слесарных, токарных, фрезерных, кузнечных и тому подобных работ хранят на полочных или полочно-клеточных стеллажах. Режущий и мерительный инструмент, а также инструмент для точных работ хранится на полочно-клеточных стеллажах закрытого типа или в стеллажах с выдвигающимися ящиками.

Одним из рекомендуемых средств хранения и транспортировки штучных материалов являются поддоны.

При использовании поддонов достигаются:

- лучшие условия для комплексной механизации трудоемких погрузочно-разгрузочных и внутризаводских работ;
- лучшее использование грузоподъемности и подъемно-транспортных механизмов и машин;
- снижение времени, труда и материальных затрат на перемещение груза;
- более полное использование площади и емкости складов;
- сокращение простоев транспортных средств под грузовыми операциями;
- улучшение условий хранения материалов и изделий, уменьшение потерь от повреждения в связи с доведением ручных работ до минимума.

Для разгрузки различных навалочных материалов (руды, угля, песка) из саморазгружающегося подвижного состава с минимальным применением физического труда служат повышенные железнодорожные пути и разгрузочные эстакады.

Повышенные пути являются наиболее простым устройством открытых разгрузочных фронтов. Емкость отвалов таких повышенных путей небольшая, поэтому они применяются на предприятиях, получающих небольшое количество навалочных материалов. Большую емкость отвалов имеют насыпи с вертикальными стенками (бесфундаментные эстакады) и низкие разгрузочные эстакады.

Широкое применение находят эстакады сборной железобетонной конструкции.

Такие эстакады отличаются быстротой сборки и долговечностью службы.

Часто на крупных предприятиях выгрузка сыпучих и кусковых материалов производится в траншеи, бункера и т.д.

Размеры разгрузочных устройств (повышенного пути или эстакады) зависят от количества одновременно разгружаемых вагонов и производительности механизмов, работающих на уборке разгружаемых материалов из отвалов. Чем быстрее убирается навалочный материал из отвалов, тем меньше требуется емкость, а следовательно, и размеры разгрузочных устройств. Емкость разгрузочного устройства должна обеспечивать бесперебойную выгрузку всех вагонов, одновременно подаваемых для разгрузки. Высота разгрузочного устройства должна позволять разгружать вагоны без передвижения их по разгрузочному фронту.

На складах применяется различная весоизмерительная техника. Это и стационарные специальные сооружения (например, для взвешивания вагонов как товарной продукции), и весы настольные, технические, товарные, платформенные, автомобильные.

К средствам напольного транспорта относится значительное количество разнообразных тележек, которые могут быть разбиты на следующие основные группы:

- ручные тележки с подъемными устройствами и без них;
- механические тележки, управляемые с пола или с площадки тележки; последняя может быть с подъемной платформой или с вилами;
- механические тележки с высоким подъемом груза, управляемые также с пола или с площадки тележки (электроштабелеры, электропогрузчики);
- самоходные механические тележки с механизмами низкого подъема груза или без них;
- самоходные механические тележки с высоким подъемом груза (вилочные автопогрузчики);
- малогабаритные тягачи;
- прицепные тележки к малогабаритным тягачам для различных видов грузов и условий перевозок.

Железнодорожный промышленный транспорт связывает предприятие с общей сетью железных дорог.

Так же, как и автотранспорт, железнодорожный транспорт обслуживает внешние перевозки предприятия и обеспечивает подачу сырьевых материалов, потребляемых производством, на склады отдела материально-технического снабжения и отправку готовой продукции со складов отдела сбыта предприятия.

Грузоподъемные механизмы и машины весьма разнообразны по конструкции, грузоподъемности, высоте подъема и количеству движений, передаваемых грузам.

Основными признаками работы этих механизмов и машин являются движения, сообщаемые грузу, а именно:

- одно движение (по вертикали) – подъем и опускание груза;
- два движения (по вертикали и по горизонтали) – подъем и опускание груза и его линейное передвижение.

К числу грузоподъемных механизмов и машин, применяемых на складах машиностроительных заводов, относятся ручные кошки (с механизмом передвижения и без него), ручные тали, пневматические и электрические однорельсовые тележки и краны различных конструкций и грузоподъемностей.

Большим преимуществом мостовых кранов является возможность обслуживания всей перекрываемой ими площади склада. Они могут иметь управление как из кабины, так и с пола (в том числе дистанционное электрическое с помощью электрокабеля или по радио).

Краны, имеющие съемный магнит или грейфер, при снятии последних могут работать как обычные крюковые краны.

Специальные мостовые электрические краны (магнитные и грейферные) по своему назначению отличаются тем, что они предназначены только для одного вида материала (например, для сыпучих грузов, для металлического скрапа) и не могут быть одновременно использованы для каких-либо иных (например, штучных) грузов. Специальные краны предназначены для обслуживания таких специализированных складов, как скрапные дворы, склады металла, металлической шихты, формовочных материалов, топлива (угля).

Широкое применение на складах машиностроительных заводов имеют подвесные и опорные краны-штабелеры, предназначенные для обслуживания складов штучных грузов.

Краны козловые легких типов предназначены для механизации погрузочно-разгрузочных и складских работ, главным образом, на открытых площадках. Большим преимуществом кранов этого типа является отсутствие необходимости в устройстве эстакады или другой несущей строительной конструкции, как это имеет место для мостовых кранов.

Козловые краны могут быть консольные (с одной или двумя консолями) и бесконсольные, разборные, самомонтирующиеся, с ручным или электрическим механизмом передвижения. В качестве грузоподъемных устройств применяются ручные и электрические тали, специальные монорельсовые тележки, крановые тележки с канатной тягой и без нее.

Краны стреловые самоходные на железнодорожном и гусеничном ходу широко применяются для производства погрузочно-разгрузочных и внутрискладских работ.

Гусеничные краны могут свободно перемещаться по неровной рабочей площадке.

Автомобильные краны и краны на пневмоколесном ходу также находят большое применение на погрузочно-разгрузочных и складских работах. Основным преимуществом этих кранов является большая скорость передвижения, обеспечивающая большую маневренность.

Грузовые подъемники (лифты) предназначены для вертикального транспорта грузов между этажами здания. Они устанавливаются в глухих кирпичных, железобетонных или железосеточных шахтах. Лифты оборудуются системой электрической сигнализации, обеспечивающей безопасность их работы. Для предупреждения несчастных случаев они снабжаются ловителями, удерживающими кабину при обрыве канатов или превышении нормальной скорости при спуске.

Скиповые подъемники служат для перемещения сыпучих материалов по вертикальному и наклонному направлениям в специальном саморазгружающемся ковше-скипе. Так же, как и лифты, скиповые подъемники являются подъемно-транспортными средствами периодического действия.

Механизация погрузочно-разгрузочных операций на складах может производиться с применением не только стационарных установок (механизмов), но и передвижных машин как непрерывного, так и периодического действия. Основными из них, применяемыми на складах сырьевых материалов или готовой

продукции машиностроительных заводов, являются: погрузочно-разгрузочные машины и механизмы для сыпучих материалов (исключая пылевидные), к которым относятся щитовые разгрузчики (струги), стационарные и самоходные разгрузчики и погрузчики (в том числе одиоковшовые) самых различных конструкций непрерывного и периодического действия; механизмы и приспособления для самопогрузки и саморазгрузки автомашин, включающие легкие подъемники для различных грузов, а также легкие ручные консольные и поворотные краны и стрелы.

Грузозахватные приспособления и устройства служат для захвата (и затем освобождения) грузов при погрузочно-разгрузочных операциях. Грузозахватные приспособления и устройства должны удовлетворять следующим условиям:

- полное соответствие свойствам и форме перерабатываемых грузов, а также тем условиям, в которых производится работа (специализация по видам грузов);

- обеспечение полной сохранности перерабатываемого груза;

- полная надежность захвата груза и соответствие требованиям техники безопасности;

- быстрый захват и освобождение груза;

- обеспечение максимального использования грузоподъемности основного грузоподъемного средства;

- полная гарантия от поломки самого приспособления и от случайной саморазгрузки груза;

- минимальная собственная масса конструкции приспособления;

- легкая и удобная эксплуатация приспособления, обеспечивающая минимальные эксплуатационные затраты.

Грузозахватные приспособления и устройства разделяются на:

- стропы пеньковые или проволочные (тросовые);

- захваты (для тюков, ящиков, кип, тесаного камня, строительных блоков, штучных грузов) клещевого типа, с крюками, с лапами, рейферного типа, полуавтоматические;

- захваты для массивных грузов и крупных деталей с отверстием;

- захваты для длинномерных грузов;

- захваты для листового металла (пачек толстых листов металла) четырехкулачковые, клиновые, рычажно-кулачковые, струбцинные, вакуумные;

- захваты клещевые для балок и рельсов;
- захваты для бухт проволоки;
- захваты для лесоматериалов;
- двух- и многочлестные рейферы и клещи рейферного типа;

- электромагниты (круглые и прямоугольные);

- кубели (короба) и ковши (опрокидывающиеся, раскрывающиеся, кубели-контейнеры).

Для поддержания зданий, устройств и сооружений в эксплуатационно-пригодном состоянии каждое предприятие ведет ремонтно-строительные работы и для этих целей организует склад строительных материалов.

На этом складе хранятся строительные материалы в небольших количествах, но большой номенклатуры. Ряд материалов, необходимых для ремонта, как-то: лакокрасочные изделия, электропровода, металлы и металлоизделия – могут храниться в других складах завода по принадлежности.

1.5.13. ТРАНСПОРТ

Классификация. По назначению перевозок и расположению по отношению к промплощадке: внешний и внутренний (внутризаводской).

По видам транспорта: рельсовый, безрельсовый (водный, автомобильный, автоэлектрокарный и т.п.), подвесной и стационарный, механический (конвейерный, гидравлический, пневматический, монорельсовый, канатные дороги).

Внутризаводской транспорт, в свою очередь, подразделяется на междоцеховой и внутрицеховой.

Область применения различных видов транспорта. Перевозки грузов на транспорте промышленных предприятий, как правило, производятся на короткие расстояния и могут быть выполнены железнодорожным, автомобильным, конвейерным и другими видами транспорта.

Железнодорожный транспорт нормальной колеи 1520 (1524) мм применяется главным образом в качестве внешнего транспорта при массовых перевозках сырья и готовой продукции для всех заводов машиностроения, кроме предприятий, подъездные пути которых могут пересекать жилые кварталы городов и других населенных пунктов, а также предприятий точных производств (радиопромышлен-

ности и точного приборостроения), для которых доставку сырья, вспомогательных материалов и отправку готовой продукции надлежит, как правило, производить автомобильным транспортом.

Для межцеховых перевозок железнодорожный транспорт применяется на машиностроительных заводах, имеющих металлургическое производство для перевозок специальных грузов (горячего металла, слитков и т.п.), а также на заводах по изготовлению и ремонту вагонов.

Применение узкоколейных дорог (750 мм) может оказаться рациональным (при соответствующих технико-экономических обоснованиях) для отдельных перевозок, не связанных с выходом грузов на сеть железных дорог общего пользования, т.е. на межцеховых перевозках отходов производства, шлаков, золы, горелой земли и т.д.

Водный транспорт используется только для внешних перевозок для получения сырья, вспомогательных материалов и отправки готовой продукции, а также для отправки потребителям тяжеловесных (1000 т и более) и негабаритных (диаметром 9 м, длиной 20 м) грузов.

Важнейшее преимущество водного транспорта – его приспособленность к массовым перевозкам. Неблагоприятным обстоятельством, снижающим эффективность использования водного транспорта, является сезонность его действия, что связано со значительным увеличением запасов материалов на складах и самих складов. Тем не менее крупные выгоды, которые создает водный транспорт для грузовых перевозок, делают весьма желательным расширение его применения для машиностроительных заводов.

Автомобильный транспорт широко применяется как для внешних, так и для межцеховых перевозок грузов.

Подачу сырья, материалов, отправку готовой продукции для предприятий точных производств (радиопромышленности, точного приборостроения, электроники), а также заводов, расположенных в пределах городов и других населенных пунктов и не имеющих подъездных железнодорожных путей, следует, как правило, производить автомобильным транспортом. Особенно эффективно применение для этих целей большегрузных автомобилей (автопоездов) и трейлеров для перевозок единичных тяжеловесных грузов, а также специаль-

ной продукции заводов тяжелого машиностроения. Применение прицепов и полуприцепов значительно повышает коэффициент использования тягача.

На машиностроительных заводах с массовым производством (автомобильных, тракторных, сельскохозяйственных машин) для межцеховых перевозок полуфабрикатов, готового литья, запасных частей, комплектующих и ремонтных изделий применяют, в основном, большегрузные полуприцепы с седельными тягачами и другие виды безрельсового транспорта.

Для транспортировки всех видов отходов от механических, механосборочных, сборочных и кузнечных цехов, как правило, следует применять автомобили-самосвалы, а при небольших объемах отходов – малогабаритные тягачи с прицепными тележками и автопогрузчики.

Для перевозок хозяйственных грузов, вспомогательных и горючесмазочных материалов, ремонтных изделий на всех заводах целесообразно использовать автомобили различной грузоподъемности, авто- и электропогрузчики, электротележки, большегрузные трейлеры, авто- и электротягачи.

Автотягачи по сравнению с электротягачами более эффективны. Они обеспечивают большие скорости движения и имеют более высокую производительность. Тем не менее, применение электротягачей в ряде случаев предпочтительно по условиям техники безопасности и санитарии промышленного производства.

С применением автотягачей достигается наибольшая технико-экономическая эффективность по сравнению с электропогрузчиками и электрокарами при всех расчетных грузооборотах и расстояниях транспортировки свыше 400 м, а по сравнению с подвесными толкающими конвейерами – при грузообороте 50 тыс. т и более в год.

Электро- и автопогрузчики применяются для межцеховых перевозок на небольшие расстояния (до 400 м) при необходимости подачи деталей и узлов непосредственно к рабочему месту.

На межцеховых перевозках электропогрузчики по сравнению с подвесными толкающими конвейерами и автотягачами являются более эффективными при расстояниях транспортировки до 300 м и грузооборотах до 30 тыс. т в год. Автопогрузчики следует, в

основном, использовать на открытом воздухе, а при их работе в закрытом помещении необходимо предусматривать дополнительную вентиляцию.

В гибком автоматизированном производстве (ГАП) целесообразно создание транспортно-распределительных систем с использованием в качестве транспортного средства тележек-роботов с автоматическим адресованием (робокары). Такая система обеспечивает транспортирование по заданной программе и в определенной последовательности полуфабрикатов, заготовок, деталей и узлов из складских помещений и площадок к рабочим местам обрабатывающего и сборочного производств.

Преимуществами такого транспорта являются гибкость транспортных трасс, высокая степень автоматизации, а также безопасность и гигиенические условия – низкий уровень шума и отсутствие загрязнения окружающей среды. При этом должны быть обеспечены высокие требования к качеству поверхности полов.

Конвейерный транспорт не стесняет заводской территории, не требует ее увеличения, совмещая горизонтальные перемещения с наклонными и вертикальными. Как правило, он используется как внутрицеховой и межцеховой, реже как внешний, и позволяет избежать излишних перегрузок и создать единый непрерывный, полностью автоматизированный и дистанционно управляемый транспортный процесс по наикратчайшему расстоянию.

Ленточные конвейеры применяются при постоянных и значительных грузопотоках сыпучих материалов, в том числе: угля от приемных устройств на склады и со складов, формовочных материалов от приемных устройств в смесеприготовительные отделения литейных цехов, а также для перемещения горелой земли в отвалы.

Для заводов крупносерийного и массового производств, особенно, если межцеховой транспорт является продолжением внутрицехового, широко применяются подвесные толкающие конвейеры (ПТК) для транспортирования штучных грузов (штамповок, поковок, агрегатов, узлов и т.п.). ПТК обеспечивают наибольшую эффективность при минимальном грузообороте 30...50 тыс. т в год и расстояниях до 100 м, при грузообороте до 200 тыс. т в год они являются наиболее эффективными для расстояния транспортирования до 1000 м.

Однорельсовые подвесные дороги с управлением из кабины обеспечивают наи-

большую эффективность на заводах с серийным производством при грузооборотах межцеховых перевозок свыше 25 тыс. т в год и расстояниях до 300 м, а также с увеличением грузооборота до 200 тыс. т при расстояниях транспортировки до 800 м. Эффективность однорельсовых подвесных дорог еще более повышается при их автоматизации. Сфера рационального применения автоматических однорельсовых дорог характеризуется грузооборотами от 10 до 65 тыс. т в год, соответственно, при расстояниях транспортировки 100...500 м.

Гидротранспорт применяется, в основном, для транспортировки шламов литейных цехов в шламонакопители и отстойники, а также для удаления горелой земли из литейных цехов.

Пневматический транспорт используется, главным образом, в качестве пневмопочты для передачи проб и анализов из цехов в заводские лаборатории. Целесообразно его использование при транспортировке сухого песка в литейном производстве, а также опилок деревообрабатывающего производства.

Подвесные канатные дороги, обладая почти всеми преимуществами уже отмеченных механических видов транспорта, могут применяться для транспортировки горелой земли от литейных цехов в отвалы. В этом случае следует иметь в виду простоту и удобство создания и эксплуатации отвала.

Технология заводского транспорта – это совокупность приемов и способов выполнения транспортных, подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ в условиях производства.

Осуществление грузопотоков сырья, материалов, топлива, полуфабрикатов и готовой продукции в процессе производства – задача заводского транспорта, который относится к вспомогательным службам заводов, также как складское и энергетическое хозяйства, службы технического контроля, ремонтная и др. Технология работ этих служб не связана непосредственно с технологическим процессом основного производства.

Особенностью технологии заводского транспорта, отличающей его от других вспомогательных служб завода, является то, что она не ограничивается лишь работами по обслуживанию основного производства, но является частью его технологического процесса, органически связанной с ним и оказывающей

на него большое влияние. Невозможно представить себе технологический процесс машиностроительного (как и любого другого) производства, в котором отсутствовали бы подъемно-транспортные операции по подаче заготовок со склада к станку, загрузке последнего, съему деталей со станка, укладке их в тару, передаче на следующую операцию и т.д., вплоть до поступления на цеховой склад готовой продукции, стеллажирования, дестеллажирования и погрузки в транспортное средство для межцеховой передачи. Технология таких операций, выполняемых внутрицеховым транспортом, всецело зависит от технологии операций и процессов основного производства и поэтому в каждой отрасли имеет большую специфику.

На машиностроительных заводах наибольший объем перевозок выполняется напольно-безрельсовым (53 %), конвейерным (24 %), железнодорожным (13 %) и автомобильным транспортом (8,5 %), но в отдельных отраслях машиностроения доля участия различных видов транспорта существенно отличается от приведенной выше по машиностроению в целом. Например, на заводах единичного и мелкосерийного производства (металлургического, энергетического машиностроения) наибольший объем перевозок нередко выполняется железнодорожным, а на заводах массового производства (автомобилестроение, сельхозмашиностроение) – автомобильным и напольным безрельсовым транспортом. Однако, как ни велик объем перевозок, он составляет меньшую часть общего объема работ заводского транспорта, который, помимо них, включает весьма трудоемкие подъемно-транспортные и погрузочно-разгрузочные работы.

Внешний грузооборот предприятия характеризуется следующей структурой материалов.

Поступление: металл; шихтовые материалы; формовочные материалы; изделия по кооперации; твердое топливо; горюче-смазочные материалы и жидкое топливо; лесоматериалы; строительные материалы; химикаты и прочие грузы.

Отправление: готовая продукция; металлоотходы; прочие отходы.

Как пример, ниже приводится структура межцеховых грузопотоков (внутреннего грузооборота) машиностроительного завода массового производства (табл. 1.5.4).

При проектировании предприятий и их объектов и применении технологических процессов подъемно-транспортных, погрузочно-

разгрузочных, транспортно-складских работ должны учитываться правила по охране труда, которые устанавливают минимально допустимый уровень охраны и безопасности труда.

Так, одним из основных требований Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов является – расстояние от выступающих частей кабины управления и кабины для обслуживания троллеев до стены, оборудования, трубопроводов, выступающих частей здания, колонн, крыш подсобных помещений и других предметов, относительно которых кабина передвигается, должно быть не менее 400 мм.

Основное назначение подъемно-транспортного оборудования и других средств и вспомогательных устройств (бункера, питатели, тара) – это механизация и автоматизация трудоемких работ технологических процессов изготовления продукции. По отдельным технологическим производствам следует учитывать их специфику и предусматривать грузоподъемные машины специального назначения.

Так, в литейном производстве применяются мостовые краны магнитные, рейферные, мультявые (завалочные), а также с соответствующими режимами их работы при транспортировке расплавленного металла, шлака по группе классификации действующих правил и стандартов. Установка таких кранов обеспечивается соответствующими строительными решениями по пролетам зданий.

В окрасочном производстве предусматриваются краны с возможностью работы во взрыво- и пожароопасных средах.

Примером использования транспортного оборудования для механизации технологического процесса сборочного производства является следующее.

Роликовые конвейеры (рольганги). По способу действия роликовые конвейеры подразделяют на приводные и не приводные. На приводных ролики приводятся во вращение двигателями и перемещают лежащий груз. На не приводных конвейерах грузы перемещают вручную. С этой целью их выполняют с уклоном 1...4° в сторону перемещения груза.

Расположение роликового конвейера зависит от длины сборочной линии и направления грузопотока в цехе. В местах прохода рольганги имеют откидные секции. Для изменения положения собираемых деталей применяют кантователи. Пригоночные операции обычно выносят из потока сборки, т.е. их выполняют на специально оборудованных рабочих местах.

1.5.4. Структура межцеховых грузопотоков машиностроительного завода массового производства

Грузопотоки	Направление грузопотоков	% к итогу
Исходных материалов: металла, шихтовых и формовочных материалов, лесо-, пиломатериалов и др., в сумме	Со складов отдела снабжения в производственные цехи	32,7
Полуфабрикатов в сумме		34,6
В том числе:		
отливок	Из чугуно- и сталелитейного цехов в механический и сборочный цехи	3,7
поковок	Из кузнечного цеха в механический, сборочный и другие цехи	4,9
штамповок	Из цеха холодной штамповки в механический и сборочный цехи	8,1
изделий прессового цеха	В механический, сборочный и другие цехи	6,3
изделий механического цеха	В механосборочный и сборочные цехи	5,4
изделий механосборочного цеха	В сборочный и другие цехи	3,6
изделий деревоотделочного цеха метизов	В сборочный цех	1,3
	Из метизного цеха в механосборочный, сборочный и другие цехи	1,3
Готовой продукции	Из прессового, механического, сборочного и других цехов на склады отдела сбыта	27,1
Металлоотходов и других отходов производства	Металлоотходов – из заготовительных, механообрабатывающих и сборочных цехов на утилизацию, других отходов на переработку, либо в отвал	5,6
Итого	–	100,0

Сборочные тележки используют при точной сборке. Собираемое изделие последовательно транспортируют с одного рабочего места к другому со свободным или принудительным движением со скоростью 10...15 м/мин.

Безрельсовые тележки бывают с металлическими или резиновыми катками, а также на воздушной подушке.

Тележки для изделий массой более 1000 кг делают на колесах с ребрами для движения по рельсам, укладываемым на бетонных подушках.

Для удобства выполнения сборочной операции верхнюю часть тележек часто делают вращающейся относительно вертикальной оси. Возврат тележек происходит по вспомогательному пути, расположенному рядом с путями рабочей ветви, или же под ним.

Ленточные конвейеры применяют при сборке мелких и легких грузов и изделий. Сборочные операции выполняют на верстаках,

расположенных вдоль конвейера, или на столах, установленных перпендикулярно линии сборки. Несущим органом конвейера является прорезиненная лента, состоящая из тягового каркаса, покрытого эластичным защитным наполнителем.

Приводные тележечные конвейеры бывают вертикально-замкнутые и горизонтально-замкнутые.

Выбор типа конвейера зависит от технологического процесса, собираемого изделия и планировки участка.

Карусельные конвейеры применяют для сборки узлов, содержащих небольшое число сборочных операций. Рабочие места (4...8) размещают вокруг стола. Необходимый инструмент подвешивают на неподвижной стойке в центре стола. Собранные узлы поступают непосредственно на сборку.

Цепные напольные конвейеры применяют для сборки тракторов, автомобилей и других

изделий. Изделия, имеющие ходовую часть, перемещаются по специальным путям, проложенным на полу, и сцепляются с тяговой цепью сцепками, которые автоматически отцепляются в конце конвейера. Изделия, не имеющие своей ходовой части, собирают на тележках, соединенных с тяговой цепью.

Рамные (шагающие) конвейеры применяют при сборке станков, где требуется точная выверка. Станина станка при этом устанавливается на точно выверенные плиты. Для перемещения изделий рама конвейера поднимается гидравлическими домкратами, перемещается на величину шага приводом продольного перемещения и опускается, устанавливая при этом изделия на плиты.

Подвесные конвейеры применяют для транспортировки деталей, узлов и готовых изделий. Пространственная трасса подвесных конвейеров и большая протяженность (до 500 м при одном приводе и до 3000 м при нескольких приводах) позволяют одним конвейером обслуживать полный производственный цикл.

Подвесные конвейеры подразделяют на три типа: грузонесущие, грузоведущие и толкающие. Одинаковыми по конструкции у этих конвейеров являются тяговый элемент, привод, поворотные и натяжные устройства. Различные конструктивные исполнения имеют ходовые пути, каретки, тележки.

Подвесные толкающие конвейеры приводят в движение груз посредством каретки толкателя и тележки, к которой крепят подвеску. Не имея жесткой связи, грузовая тележка может двигаться вместе с цепью, но может быть и остановлена или переведена на другой путь там, где это необходимо. Адресующие устройства в виде селекторных механизмов дают команду для получения тележек по заданному адресу.

Подвесные грузоведущие конвейеры транспортируют собираемые изделия на на-

польной тележке, перемещаемой при помощи захвата или толкателя, укрепленного на каретке. Каретка может двигаться по подвесному пути или пути, проложенному под полом. Обеспечивается автоматическое адресование тележек. Достоинством этих конвейеров является свободный ввод и вывод тележек из линии конвейера. Грузоведущие конвейеры позволяют транспортировать изделия массой до 2500 кг.

Сборочные стенды. Для сборки изделий часто применяют специальные стенды. Конструкция стендов зависит от размеров, массы и формы изделий. Для удобства сборки конструкции стендов позволяют менять положение собираемого изделия и фиксировать его в необходимом положении при выполнении данной операции.

Например, при монтаже крупных дизелей сборочный стенд представляет собой несколько стальных балок, залитых в бетонный фундамент, поперек которых уложены две подвижные стальные балки-параллели. На последние и ставят фундаментную раму собираемого дизеля. Подвижные и неподвижные балки соединяют болтами. У подвижных балок обработаны верхняя и нижняя привалочные плоскости, у неподвижных только верхняя. Это позволяет обеспечить горизонтальное положение верхней плоскости рамы для монтажа дизеля.

Подъемные устройства. Для подъема и перемещения деталей, узлов и изделий при выполнении сборочных работ применяют различное подъемное оборудование. Наибольшее применение получили для мелких узлов и изделий электрические тали и консольные поворотные краны, манипуляторы, промышленные роботы.

В разделе были использованы нормативные и справочные материалы, представленные в табл. 1.5.5.

1.5.5. Перечень нормативных и справочных материалов

Наименование документа	Дата, номер
Федеральный закон "Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений"	25.02.1999 г. № 39-ФЗ
Градостроительный Кодекс Российской Федерации	07.05.1998 г. № 73-ФЗ
О порядке проведения государственной экспертизы и утверждения градостроительной, предпроектной и проектной документации	27.12.2000 г. № 1008

Продолжение табл. 1 5.5

Наименование документа	Дата, номер
Система нормативных документов в строительстве. Основные положения. СНиП 10-01-94	17.05.1994 г. № 18-38
Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений. СП 11-101-95	30.06.1995 г. № 18-63
Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. СНиПН-01-95	30.06.1995 г. № 18-64
Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования	21.06.1999 г. № ВК477
Методические указания по определению стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации. МДС 81-1.99	26.04.1999 г. № 31
Положение о едином порядке предпроектной и проектной подготовки строительства в г. Москве	11.04.2000 г. № 378-РМ
Гражданский кодекс Российской Федерации	Федеральный закон "О введении в действие Гражданского кодекса Российской Федерации" от 21 10 94 г
Авторский надзор за строительством зданий, сооружений	СП 11-110-99
Генеральные планы промышленных предприятий	СНиП II-89-80*
Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений	СНиП 2.07.01-89*
Промышленный транспорт	СНиП 2.05.07-91
Автомобильные дороги	СНиП 2.05.02-85
Железные дороги колеи 1520 мм	СНиП 11-39-76
Инженерные изыскания для строительства	СНиП 1.02.07-87
Инженерно-геологические изыскания для строительства	СП 11-104-97 СП 11-105-97
Производственные здания	СНиП 31-03-2001
Административные и бытовые здания	СНиП 2.09.04-87*
Сооружения промышленных предприятий	СНиП 2.09.03-85*
Складские здания	СНиП 31-04-2001
Отопление, вентиляция и кондиционирование	СНиП 2.04.05-91*
Строительная теплотехника (с изменениями № 3 от 1995 г.)	СНиП 11-3-79*
Строительная климатология	СНиП 23-01-99
Защита от шума	СНиП 11-12-77
Водоснабжение. Наружные сети и сооружения	СНиП 2.04.02-84*
Канализация. Наружные сети и сооружения	СНиП 2.04.03-84*
Внутренний водопровод и канализация зданий	СНиП 2.04.01-85*
Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации	СНиП 3.05.04-85*
Тепловые сети	СНиП 2.04.07-86*
Газоснабжение	СНиП 2.04.08-87*
Правила устройства электроустановок (ПУЭ)	СНиП 3.05.02-88*
Электрические устройства	СНиП 3.05.06-85

Продолжение табл. 1.5.5

Наименование документа	Дата, номер
Система автоматизации (с изменениями от 1991 г.)	СНиП 3.05.07-85
Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	НПБ 105-95
Пожарная безопасность зданий и сооружений	СНиП 21-01-97
ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования	ГОСТ 12.1.004-91*
Организация строительного производства	СНиП 3.01.01-85*
Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений	СНиП 1.04.03-85*
Расчетные показатели для определения продолжительности реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий	25.04.89 г. № 12
Временное положение по приемке в эксплуатацию законченных строительством объектов	05.07.1993 г. № БЕ-19-11/13
Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"	21.07.1997 г. № 116-ФЗ
Федеральный закон "Об охране окружающей природной среды"	10.01.2002 г. № 7-ФЗ
Федеральный Закон "Об охране атмосферного воздуха"	04.05.1999 г. № 96-ФЗ
Положение об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации	16.05.2002 г. № 372
Федеральный Закон "Об экологической экспертизе"	23.1.1995 г. № 174-ФЗ
Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01
Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест	СанПиН 2.1.6.1032-01
Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения	СанПиН 2.1.4.027-95
Справочник базовых цен на проектные работы для строительства. Объекты машиностроительной промышленности	11.08.1995 г. № 18-82
Методические рекомендации по составу и учету затрат, включаемых в себестоимость проектной и изыскательской продукции (работ, услуг) для строительства, и формированию финансовых результатов	06.04.1994 г.
Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования	Издательство "Машиностроение", 1988 г.
Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов	31.12.1999 г. № 98 ПБ 10-382-00
Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов	11.02.1992 г.
Межотраслевые правила по охране труда при погрузочно-разгрузочных работах и размещении грузов	20.03.1998 г. № 16 ПОТ РМ-007-98
Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации промышленного транспорта	07.07.1999 г. № 18 ПОТ РМ-008-99
Положение. Охрана труда при складировании материалов	25.02.1998 г. ПОТ РО 14000-007-98
Положение. Техническая эксплуатация промышленных зданий и сооружений	12.02.1998 г. ПОТ РО 14000-004-98

Раздел 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА (ТПП)

Глава 2.1

ОРГАНИЗАЦИЯ ТПП

2.1.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ТПП

Производство любой машиностроительной продукции невозможно без его технической подготовки, которая включает:

1. Конструкторскую подготовку производства (разработка конструкции изделия и создание его сборочных чертежей, рабочих чертежей деталей, запускаемых в производство, с оформлением соответствующих спецификаций и другой конструкторской документации).

2. Технологическую подготовку производства (ТПП) – совокупность мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность предприятия. Последняя, в соответствии с ГОСТ 14.004–83 "Термины и определения основных понятий", определяется наличием на предприятии полных комплектов конструкторской и технологической документации и средств технологического оснащения (СТО), необходимых для осуществления заданного объема выпуска продукции с установленными технико-экономическими показателями.

3. Календарное планирование производственного процесса изготовления изделия в установленные сроки при заданном объеме выпуска и затратах.

Трудоемкость ТПП определяет суммарную трудоемкость технической подготовки, составляя обычно более 50 % последней.

Основной целью ТПП является обеспечение высокой эффективности производства изделий требуемых качества и количества в установленные сроки и в соответствии с заданными технико-экономическими показателями, определяющими технический уровень изделия и минимальные трудовые и материальные затраты.

Достижение указанной цели обеспечивается решением задач эффективной реализации основных функций ТПП, к которым относятся:

- обеспечение технологичности конструкций изделий (ТКИ);
- разработка технологических процессов (ТП);
- выбор, проектирование и изготовление СТО;
- организация и управление процессом ТПП.

Каждая из функций представляет собой комплекс задач ТПП объединенных общей целью их решения. Любая функция может быть выполнена независимо от других, вместе с тем указанные функции находятся во взаимосвязи, формирующей структуру системы ТПП.

2.1.2. ЕДИНАЯ СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА (ЕСТПП)

Назначение ЕСТПП. Современное машиностроительное производство характеризуется следующими основными особенностями:

– частой сменой объектов производства и повышения их технического уровня и качества. За последние несколько десятилетий сроки устойчивого массового и серийного производства изделий сократились в 3...5 раз и имеют тенденцию к еще большему сокращению;

– широкой номенклатурой выпускаемых изделий. Современные машины – это сложные комплексы, часто насчитывающие десятки тысяч деталей. С усложнением конструкций изделий возрастает объем конструкторских и технологических разработок по каждому изделию. Для постановки на производство новых изделий на каждую тысячу деталей требуется разработать свыше 15 тыс. различной технической документации и изготовить около 5 тыс. различных видов оснастки и инструмента;

– с усложнением объектов производства увеличилось число предприятий, занятых изготовлением одного изделия. Это, в свою очередь, ведет к значительному усложнению взаимосвязей между предприятиями, имеющими свою специфику, свои традиционные методы подготовки производства, свои формы информации и схемы документооборота.

В этих условиях первостепенное значение приобретает изыскание таких методов и форм организации подготовки производства, которые свели бы к минимуму трудности, вызванные вышеуказанными особенностями современного машиностроения. Так как методы и формы организации ТПП зависят от множества факторов (специфики отрасли, специфики предприятия, типа производства, обеспеченности квалифицированными кадрами и т.п.), то вопросы выбора этих методов и форм не могут носить жесткий, приказной характер. Целесообразнее требования к их выбору выразить через определенные принципы.

Такие прогрессивные принципы заложены в ЕСТПП, представляющей собой установленную государственными стандартами систему организации и управления процессом ТПП, предусматривающую широкое применение прогрессивных типовых технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ.

Можно выделить следующие главные принципы и эффект их применения:

- стандартизация форм документов, обеспечивающая сокращение объема информации, а следовательно, и самих документов. Внедрение стандартов ЕСКД, ЕСТД и других форм документации создает условия для разработки единой информационной базы автоматизированных систем управления, механизации и автоматизации процессов разработки и заполнения документов, для повышения уровня применяемости СТО, повышения производительности инженерного труда;

- унификация классификаторов технико-экономической информации на основе внедрения "Единой системы классификации и кодирования" обеспечивает сопоставимость ее на различных уровнях управления и повышает эффективность применения вычислительной техники (ВТ);

- стандартизация программной документации создает условия для эффективной организации межотраслевого фонда алгоритмов и программ решения инженерно-технических и управленческих работ. Такая стандартизация предусматривает введение единого порядка организации разработки, внедрения и эксплуатации программ и автоматизацию получения программной документации. Обеспечивает обмен программными документами

между предприятиями без переоформления, а также сокращает сроки проектирования и внедрения программ, повышает производительность труда программистов;

- автоматизация решения задач ТПП с использованием типовых проектных решений в корне меняет сам характер разработки технологии, освобождает технолога от однообразной работы по составлению технологии, позволяет ему выбирать оптимальные варианты ТП из множества возможных, исключает зависимость качества разрабатываемой технологии от квалификации технолога, сокращает время на разработку ТП в 15...20 раз;

- моделирование системы ТПП. В настоящее время процесс управления ТПП любого изделия настолько насыщен информацией и информационными связями, что ни один руководитель технологической службы предприятия не в состоянии удержать нити управления ТПП не имея в руках схемы, которая указывала бы, кто разрабатывает ту или иную информацию, какими методами, как она обрабатывается, с помощью каких средств, какие данные содержит, кому передается и в какой последовательности. Такой схемой является графическая информационная модель системы ТПП, представляющая собой схематическое описание номенклатуры задач и связей информации в системе ТПП и за ее пределами. В зависимости от степени детализации модель представляется блок-схемами на трех уровнях: функций ТПП, задач и процедур.

Перечисленные принципы, заложенные в ЕСТПП, дают возможность при проведении ТПП обеспечить:

- единый для всех предприятий и организаций системный подход к выбору и применению методов и средств ТПП, соответствующих достижениям науки, техники и производства;

- освоение производства и выпуска изделий высшей категории качества в минимальные сроки, при минимальных трудовых и материальных затратах на ТПП на всех стадиях создания изделий;

- организацию производства высокой степени гибкости, допускающей возможность непрерывного совершенствования и быструю переналадку на выпуск новых изделий;

- рациональную организацию механизированного и автоматизированного выполнения комплекса инженерно-технических и управленческих работ;

– взаимосвязь ТПП и управления ею с другими системами и подсистемами управления производством.

Функционирование ЕСТПП обеспечивается комплексным применением стандартов ЕСТПП, отраслевых стандартов и стандартов предприятий, конкретизирующих и развивающих отдельные правила и положения ЕСТПП применительно к специфике отрасли или предприятия, а также нормативно-технической и методической документации на методы и средства ТПП.

Документацию на конкретные методы и средства ТПП разрабатывают в соответствии с требованиями стандартов Государственной системы стандартизации, ЕСТПП, ЕСКД, ЕСТД,

Единой системы классификации и кодирования технико-экономической информации, нормативно-технической документации (типовые ТП и методы их типизации; СТО и методы их унификации, агрегатирования и стандартизации; средства механизации и автоматизации инженерно-технических работ и т.д.).

Состав классификационных групп стандартов ЕСТПП. Состав стандартов в группах определяется задачами по функциям ТПП, требующими обязательного решения на всех уровнях (государственном, отраслевом и на предприятии) по единым правилам.

Предусмотрено шесть классификационных групп стандартов, приведенных в табл. 2.1.1.

2.1.1. Классификационные группы стандартов

Шифр группы	Наименование группы стандартов
0	Общие положения
1	Правила организации и управления процессом ТПП
2	Правила обеспечения технологичности конструкций изделий
3	Правила разработки и применения ТП и СТО
4	Правила применения технических средств механизации и автоматизации инженерно-технических работ
5	Прочие стандарты

Обозначения стандартов ЕСТПП выполняются по следующей структуре:

ГОСТ	14	0	04	83
				Год регистрации стандарта
				Порядковый номер стандарта
				Шифр классификационной группы
				Класс (стандарты ЕСТПП)
				Категория стандарта (государственный)

Ниже приводится краткая информация о содержании основных стандартов, объединенных в классификационные группы.

Группа стандартов № 0 – "Общие положения".

ТПП должна обеспечивать полную технологическую готовность предприятия к производству изделий высшей категории качества в соответствии с заданными технико-экономи-

ческими показателями, устанавливающими высокий технический уровень и минимальные трудовые и материальные затраты.

ТПП включает решение задач, группируемых по перечисленным выше основным функциям. При этом решение задач ТПП должно осуществляться на уровнях общегосударственном, отраслевом и предприятия. В стандарте приводятся общие задачи, решаемые

мые на каждом уровне применительно к основным функциям ТПП, и основные документы, обеспечивающие решение этих задач. Частные задачи, решаемые на уровнях отраслевом и предприятия, и документы, обеспечивающие решение этих задач, устанавливаются, соответственно, отраслевыми стандартами и стандартами предприятий, разработанными на основе стандартов ЕСТПП.

ГОСТ 14.004–83 "ЕСТПП. Термины и определения основных понятий" устанавливает применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий ТПП изделий машиностроения и приборостроения. Термины, устанавливаемые стандартом, обязательны для применения в документации всех видов научно-технической, учебной и справочной литературы.

Группа стандартов № 1 – "Правила организации и управления процессом ТПП".

Управление ТПП включает решение задач и предусматривает управление процессами:

- обеспечения ТКИ;
- конструкторско-технологического анализа изделия;
- разработки ТП;
- материального нормирования;
- расчета трудоемкости изготовления изделия;
- обеспечения производства СТО;
- оперативного управления ТПП.

При решении этих задач необходимо рассматривать вопросы планирования, учета, контроля и регулирования в соответствии с ГОСТ 14.101–73.

При организации управления процессом ТПП, помимо определения задач, подлежащих выполнению, необходимо определить, кто должен их решать, в каких документах должны найти отражение их решения, какие документы при этом используются и какие документы разрабатываются в процессе их решения, откуда и куда эти документы поступают.

Единый подход при решении на предприятиях инженерно-технических и управленческих задач ТПП обеспечивается применением типовых проектных решений. Они дают возможность ускорить перевод решения управленческих задач на средства вычислительной техники, что сокращает сроки разработки решения, а также позволяет принимать оптимальный вариант решения из множества возможных.

Эффективным инструментом организации и управления процессом ТПП является графическая информационная модель системы ТПП, которая отображает:

- номенклатуру функций и задач, решаемых при ТПП;
- последовательность решения задач;
- входную информацию, необходимую для решения задач, и выходную информацию, полученную при их решении;
- технические характеристики информации (объем, периодичность использования);
- виды носителей информации, используемые при решении задач;
- состав технических средств, применяемых при решении;
- состав административных подразделений, участвующих в решении задач.

Графическая информационная модель системы ТПП включает в себя:

- перечень задач по каждой функции;
- блок-схемы задач по каждому функциональному блоку, служащие для оптимизации состава информации, построения схем документооборота и разработки рациональной организационной структуры служб ТПП;
- матрицы увязки информации по каждому функциональному блоку, используемой для оптимизации информационных связей и разработки форм документов, не нашедших отражения в ЕСТД, и схем документооборота;
- таблицы применяемости выходной информации, которые служат для установления последующего использования полученного носителя для решения задач ТПП.

Наличие графической информационной модели системы ТПП дает возможность осуществить системный подход при организации и управлении ТПП, расчленив весь комплекс работ по ТПП на взаимосвязанные элементы, увязать информационные потоки с организационной структурой, научно обосновать техническую и экономическую целесообразность и последовательность автоматизации решения задач ТПП, выдвинуть обоснованные требования к составу технических средств.

Графическая информационная модель наглядно представляет весь комплекс работ по ТПП, позволяет повысить эффективность системы ТПП за счет оптимизации информационных связей, типизировать элементы системы ТПП и установить связи системы ТПП с другими подсистемами АСУ, с такими, например, как управление основным производством,

управление качеством, управление материально-техническим снабжением и др. Взаимосвязь системы ТПП с АСУ должна осуществляться в организационном, информационном, технологическом и техническом направлениях.

Первое направление обеспечивает общие принципы построения организационных структур и положений; второе – единство классификации и кодирования информации, применяемых форм документов, массивов постоянной и переменной информации; третье – единство методов обработки информации и последнее – единство применяемых технических средств для обработки информации.

Группа стандартов № 2 – "Правила обеспечения ТКИ". Обеспечение технологичности конструкций изделий в соответствии с ГОСТ 14.201–83 – функция подготовки производства, предусматривающая взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, техническое обслуживание и ремонт изделий.

Эти задачи могут и должны решаться в процессе разработки проектной конструкторской документации. Это положение является одним из основных принципов обеспечения ТКИ, регламентированных стандартом.

Характер задач, решение которых при разработке конструкции обеспечит технологичность изделия, требует обязательного учета специфики конструкции изделия и технологии его производства. Исходя из сказанного, вторым принципиальным положением правил обеспечения ТКИ, установленным стандартом, является то, что исполнителями этой работы должны являться как разработчик конструкторской документации, так и разработчик технологической документации.

Для того, чтобы технологичность изделия можно было планировать, а в процессе разработки конструкции и управлять формированием технологичности, следующим принципиальным положением, установленным стандартом, является введение количественной оценки технологичности, которая основывается на системе показателей, включающей:

- базовые показатели технологичности, устанавливаемые в ТЗ на проектирование изделия;
- показатели технологичности, достигнутые при разработке конструкции;

– уровень технологичности (отношение достигнутых показателей к базовым).

В стандарте приведен типовой перечень показателей технологичности, из числа которых необходимо выбрать минимальное, но достаточное для оценки технологичности конкретного изделия количество показателей. Показатели технологичности должны служить также инструментом общения между конструктором и технологом в процессе совместной отработки конструкции на технологичность.

Выбор показателей технологичности как для ее планирования, так и для сравнительной оценки технологичности вариантов конструкции представляет сложную инженерную задачу.

Так как технологичность изделия есть совокупность свойств его конструкции, характеризующих возможности оптимизации затрат труда, средств и времени на всех стадиях создания, производства и эксплуатации изделия, то основными показателями технологичности являются трудоемкость и технологическая себестоимость изготовления (технического обслуживания, ремонта) изделия. Однако сложность их определения (в процессе разработки конструкции) затрудняет применение этих показателей. В тех случаях, когда недостаточно статистических данных или не освоены методы укрупненного определения трудоемкости и себестоимости, возможно использование дополнительных показателей технологичности. Основными факторами, влияющими на выбор показателей, являются:

- требования к изделию;
- вид изделия;
- наличие информации, необходимой для определения показателей.

Требования к изделию определяют, каким видом технологичности должна обладать конструкция: производственной, эксплуатационной, ремонтной или и той, и другой. Это в свою очередь определяет группу показателей, характеризующих тот или иной вид технологичности.

В зависимости от вида изделия (сборочная единица, комплекс, комплект или деталь) выбираются из вышеупомянутых групп показателей те показатели, которые могут характеризовать технологичность данного вида изделия.

С изменением объема выпуска доли затрат на материал, расходов на заработную плату, затрат на осуществление ТП в величине технологической себестоимости меняются. Так, с увеличением объема выпуска изделий

возрастает удельный вес затрат на материал и уменьшается удельный вес расходов на заработную плату и затрат на осуществление ТП. Поэтому, зная объем выпуска изделия, можно выбирать показатели, характеризующие те или иные статьи расходов, а при необходимости – показатели, характеризующие затраты и имеющие при данном объеме выпуска наибольшую значимость.

Так как показатели технологичности необходимо определять в процессе разработки конструкторской документации, то необходимо при выборе показателей оценить возможность их определения в процессе проектирования изделия. Для этого необходимо рассмотреть состав разрабатываемых конструкторских документов и достаточность в них информации для определения численных значений показателей технологичности.

Введение количественной оценки не исключает качественную оценку технологичности конструкции.

Если при количественной оценке определяется степень соответствия изделия требованиям, обуславливающим технологичность конструкции или степень различия технологичности вариантов конструкции, то при качественной оценке определяется соответствие изделия требованиям, обуславливающим технологичность конструкции применительно к конкретному виду производства (литье, обработка давлением, резанием и др.), условиям технического обслуживания и ремонта изделий.

Качественная оценка технологичности вариантов конструкции всегда предшествует количественной.

Для успешного проведения качественной оценки необходимо иметь нормативно-технические документы, содержащие требования, выполнение которых обусловит технологичность конструкции изделия. Эти требования очень многообразны и зависят от вида изделия, типа и вида производства, условий технического обслуживания, ремонта и др. В то же время существуют объективные требования, обуславливающие технологичность, которые не зависят от вышеуказанных факторов.

Основной формой внедрения системы обеспечения технологичности конструкций является организация технологического контроля конструкторской документации, правила выполнения которого установлены ГОСТ 2.121–73.

Группа стандартов № 3 – "Правила разработки и применения ТП и СТО".

В ЕСТПП задача разработки ТП рассматривается с позиции широкого применения типовых, групповых и стандартных ТП, обеспечивающих их максимальную преемственность для различных предприятий машиностроения и приборостроения.

Стандартом установлено три вида ТП: единичный, типовой и групповой. Главный принцип, заложенный в таком подходе, заключается в том, что вид ТП определяется количеством изделий, охватываемых процессом (одно изделие, группы однотипных или разнотипных изделий).

Единичный ТП – это ТП изготовления или ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.

Разработка единичных ТП характерна для оригинальных изделий, не имеющих общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготовленными на предприятии.

Типовой ТП – это ТП изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Типовой ТП характеризуется общностью содержания и последовательности большинства технологических операций (ТО) и переходов для группы таких изделий и применяется как информационная основа при разработке рабочего ТП и как рабочий ТП при наличии всей необходимой информации для изготовления изделия, а также служит базой для разработки стандартов на типовые ТП.

Групповой ТП – это ТП изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. В соответствии с этим определением групповой ТП представляет собой процесс обработки заготовок различной конфигурации, состоящий из комплекса групповых ТО, выполняемых на специализированных рабочих местах в последовательности технологического маршрута изготовления определенной группы изделий.

Групповая ТО характеризуется общностью используемого оборудования, технологической оснастки и наладки (при допущении только незначительной подналадки СТО в течение длительного интервала времени).

Групповые ТП и групповые ТО разрабатывают для всех типов производства только на уровне предприятия.

2.1.2. Классификация ТП

Признаки	Технологические процессы		
Виды ТП	Единичные	Групповые	Типовые
Основное назначение ТП	Рабочие		Перспективные
Степень детализации содержания в документации	Маршрутные	Операционные	Маршрутно-операционные

В зависимости от основного назначения каждый вид ТП подразделяется на рабочий и перспективный. В свою очередь каждый из этих ТП характеризуется степенью детализации их содержания в документации и может быть маршрутным, операционным и маршрутно-операционным (табл. 2.1.2).

ГОСТ 14.301–83 устанавливает основные положения и правила разработки ТП, предусматривающие широкое применение типовых ТП, стандартных СТО и группового метода обработки. В стандарте приводится комплекс основных взаимосвязанных работ по проектированию ТП, содержание и последовательность осуществления которых должны уточняться разработчиком в зависимости от сложности изделия и типа производства. При этом указывается обязательность применения типовых и групповых ТП и операций.

Исходную информацию для разработки ТП подразделяют на базовую, руководящую и справочную.

Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие, и программу выпуска этого изделия.

Руководящая информация включает данные, содержащиеся в стандартах всех уровней на ТП и методы управления ими, оборудование и оснастку, о перспективных ТП, производственных инструкциях. Справочная информация включает данные, содержащиеся в действующих ТП по данному виду обработки, каталогах, справочниках прогрессивного технологического оборудования и оснастки, материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода материалов и др.).

Типовые ТП разрабатываются в соответствии с требованиями ГОСТ 14.301–83 и ГОСТ 14.303–73, устанавливающими исходную информацию для разработки типовых ТП, перечень основных задач на этапах их разработки и правила применения этих процессов при выполнении функции ТПП – "Разработка ТП".

Основные положения стандартов устанавливают, что типовой ТП должен быть рациональным в конкретных производственных условиях, характеризоваться единством содержания и последовательности большинства ТО для группы изделий, обладающих общими конструктивными признаками. Типовые ТП разрабатывают на основе анализа множества действующих и возможных ТП на типовые представители групп изделий. Стандарт устанавливает также состав документов, обеспечивающих решение задач на каждом этапе разработки типового ТП.

Типовые ТП в зависимости от конкретных задач ТПП обязательно должны применяться в качестве информационной основы при разработке рабочих ТП.

Типовые ТП должны также служить исходной базой при разработке стандартов на типовые ТП и формировании информационных фондов различных уровней (государственного, отраслевого и предприятия).

Групповые ТП и ТО разрабатываются в соответствии с требованиями ГОСТ 14.316–75, устанавливающим основные положения, исходную информацию и основные этапы разработки групповых ТП и ТО при выполнении функций ТПП – "Разработка ТП".

Групповой ТП предназначен для совместного изготовления или ремонта группы изделий различной конфигурации в конкретных условиях производства на специализированных рабочих местах.

Цель разработки группового ТП – экономически целесообразно применить методы и средства крупносерийного и массового производства в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства.

Обязательным этапом, предшествующим разработке групповых ТП является группирование предметов производства по технологическому подобию с учетом основных факторов организации производства. Группирование изделий выполняется на основе их классификации и результатов комплексного анализа

состава и программ выпуска изделий, существующей структуры производственных подразделений, технико-экономических показателей производства.

Групповой ТП должен состоять из комплекса групповых ТО, выполняемых на специализированных рабочих местах в последовательности технологического маршрута изготовления определенной группы изделий (или нескольких групп). При этом некоторые заготовки или их группы могут пропускать отдельные ТО.

Групповую ТО следует разрабатывать для выполнения технологически однородных работ при изготовлении группы изделий на специализированном рабочем месте при условии возможности частичной подналадки СТО.

При проектировании групповых ТО группой называется совокупность заготовок, характеризующая общностью оборудования, технологической оснастки, наладки и технологических переходов.

Основой разработки группового ТП (групповой ТО) и выбора общих СТО совместного изготовления группы изделий является комплексное изделие, конструкция которого должна содержать основные подлежащие обработке элементы всех изделий группы. Комплексное изделие может быть одним из изделий группы, реально существующим, но отсутствующим в группе или искусственно созданным (условным).

Специализация рабочих мест выполняется за счет применения высокопроизводительных специализированных СТО, целевой модернизации и наладки оборудования.

В соответствии с требованиями стандартов групповые ТП и ТО разрабатывают для всех типов производства только на уровне предприятия.

Выбор СТО. К средствам технологического оснащения относят: технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное), технологическую оснастку (в том числе инструменты и средства контроля), средства механизации и автоматизации производственных процессов.

Стандарты ЕСТПП (ГОСТ 14.304–73 – ГОСТ 14.307–73) устанавливают правила выбора СТО при:

- отработке конструкций на технологичность на всех стадиях разработки изделий (в части планирования перспективной потребности в СТО);

- разработке и совершенствовании ТП изготовления изделий (в части обеспечения их СТО);

- решении задач организации и управления процессом ТПП (в части применения правил, норм, методов и средств, обеспечивающих выбор, проектирование, изготовление, комплектацию и эксплуатацию СТО);

- разработке документации по организации на вновь вводимых и совершенствовании на действующих предприятиях ТПП на всех стадиях (в части создания информационной массивов нормативной, конструкторской и технологической документации на СТО, а также правил, норм и методов по их использованию в ТПП);

- решении задач проектирования и изготовления СТО (в части применения передовых методов их проектирования и изготовления на базе использования типовых и стандартных ТП, прогрессивных форм организации труда и средств ВТ).

Основной принцип выбора СТО заключается в том, что он основан на анализе затрат на реализацию ТП в установленный промежуток времени при заданном качестве изделий.

Для каждого вида СТО стандартами установлен перечень работ и их последовательность по проведению указанного анализа. Обязательным при анализе является сравнение вариантов СТО, отвечающих одинаковым требованиям, обеспечивающим решение одинаковых задач в конкретных производственных условиях.

Выбор технологического оборудования должен начинаться с анализа формирования типовых поверхностей деталей и сборочных единиц и отдельных методов их обработки с целью определения наиболее эффективных методов обработки исходя из назначения и параметров изделия. Результаты анализа должны быть в виде: отношений основных времен (t_0); отношений штучных времен ($t_{шт}$); отношений приведенных затрат ($t_{пр}$) на выполнение работ различными методами.

Лучшим вариантом считается тот, значения показателей которого минимальные.

Физическая величина, характеризующая главный параметр оборудования, устанавливает взаимосвязь последнего с размерами изготавливаемого на нем изделия. Поэтому выбор оборудования производят по главному параметру, являющемуся наиболее показательным для выбираемого оборудования, т.е. в наибольшей степени выявляющему его функциональное значение и технические возможности.

При выборе технологической оснастки осуществляется комплекс взаимосвязанных работ по проведению анализа конструктивных характеристик рассматриваемого изделия (габаритных размеров, материала, точности параметров, конструктивных характеристик поверхностей и т.д.) и организационных и технологических условий изготовления изделия (схем базирования и фиксации, вида технологической операции, организационной формы процесса изготовления и т.д.).

На основе проведенного анализа производят группирование ТО с целью определения наиболее приемлемой системы технологической оснастки и повышения коэффициентов использования оснастки. Дальнейшая последовательность работ заключается в:

- установлении принадлежности выбираемых конструкций оснастки к системам оснастки. Принадлежность конструкции технологической оснастки определяется правилами ее проектирования и эксплуатации применительно к заданным условиям производственного процесса изготовления изделия. К системам технологической оснастки, формируемым комплексами оснастки и предназначенным для выполнения различных видов работ, следует относить: неразборную специальную оснастку (НСО); специализированную наладочную оснастку (СНО); сборно-разборную оснастку (СРО); универсально-наладочную оснастку (УНО); универсально-сборную оснастку (УСО); универсально-безналадочную оснастку (УБО);

- определении исходных требований к технологической оснастке;

- отборе конструкций оснастки, соответствующей установленным требованиям, из имеющейся номенклатуры;

- определении соответствующих установленным требованиям исходных расчетных данных для проектирования и изготовления новых конструкций оснастки;

- выдаче ТЗ на разработку и изготовление новой технологической оснастки.

Принадлежность выбираемых конструкций к системам оснастки устанавливается с учетом планово-экономических и организационных требований производства. К этим требованиям следует отнести плановые сроки и трудоемкость освоения выпуска изделия; организационные формы производства в периоды освоения и выпуска.

Группирование ТО проводят исходя из эксплуатационных характеристик систем оснастки, к которым относятся определяемые кон-

струкции, и условий обеспечения рациональной загрузки каждой конструкции оснастки на основе анализа объемов выпуска изделий на заданный период. При технико-экономическом обосновании выбора систем технологической оснастки рассчитывают коэффициент загрузки единицы технологической оснастки и определяют затраты на оснащение ТО изготовления изделия.

2.1.3. ОБЩАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ТПП

Основные функции, реализуемые системой. Общая структура системы ТПП определяется составом основных функций, реализуемых системой, и их взаимосвязями. На рис. 2.1.1 представлена структурная диаграмма системы ТПП [13]. Входные данные системы обозначены символом *V*, выходные – символом *W*. Входными данными для системы ТПП являются: конструкторская документация на изделие – *V1*; программа выпуска изделий – *V2*; информационное обеспечение – *V3*.

Выходные данные системы ТПП представляются в виде соответствующих технологических и конструкторских документов или изменений указанных документов. К основным выходным результатам ТПП относят: чертежи изделий, отработанных на технологичность, – *W1*; технологические процессы изготовления деталей и сборочных единиц – *W2*, заказ на СТО – *W3*, чертежи СТО – *W4*; изменения ТП изготовления деталей и сборочных единиц – *W5*.

Обеспечение ТКИ (блок 1 на рис. 2.1.1) – комплекс взаимосвязанных мероприятий по управлению технологичностью и совершенствованию условий выполнения работ при производстве, техническом обслуживании и ремонте изделий. Основные задачи, решаемые при выполнении указанной функции ТПП, представлены на структурной диаграмме (рис. 2.1.2) [14]. Каждую из указанных задач можно решать для конструкции заготовки, детали, сборочной единицы и изделия в целом.

Входными данными для решения задач функции ТПП "Обеспечение ТКИ" являются: конструкторская документация на изделие – *V1* и заготовку – *V2*, программа выпуска изделий – *V3*; информационное обеспечение – *V4*.

К основным выходным документам относят: конструкторскую документацию, прошедшую технологический контроль, – *W11*, результаты оценки уровня технологичности конструкции – *W21*; предложения об изменении конструкции изделия – *W31*; чертежи изделия, отработанного на технологичность, – *W1*.

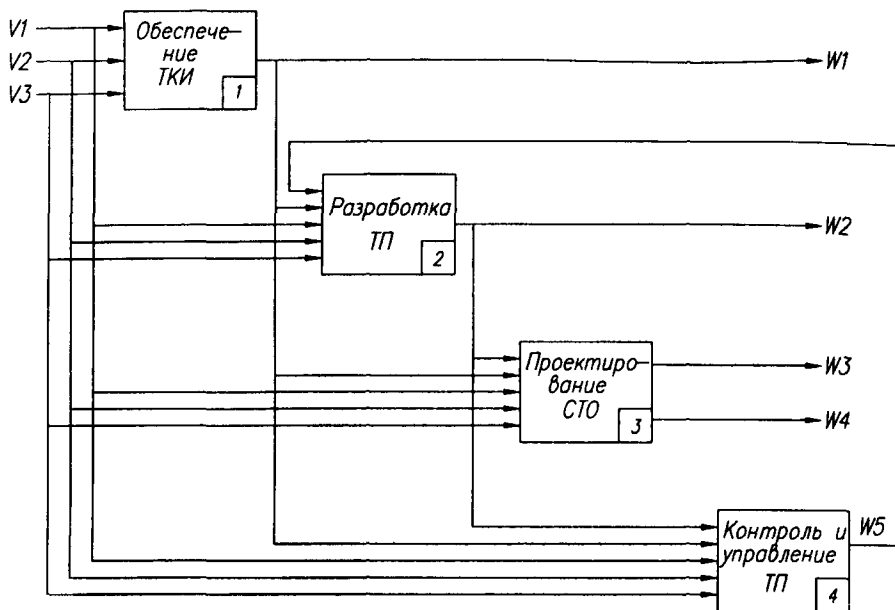


Рис. 2.1.1. Структурная диаграмма системы ТПП

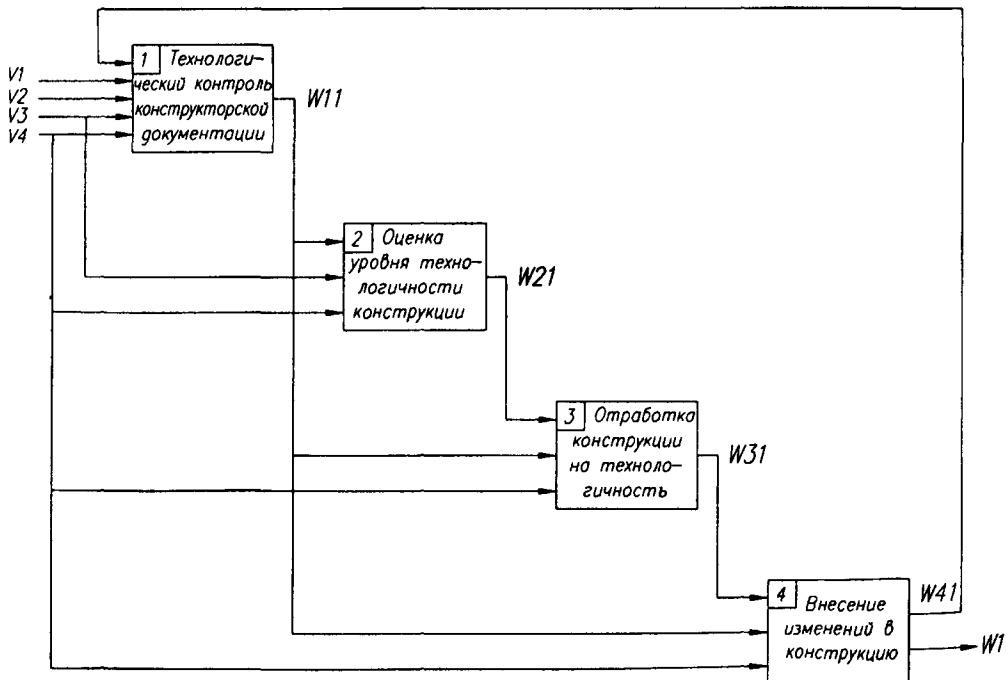


Рис. 2.1.2. Структурная диаграмма функции ТПП "Обеспечение технологичности конструкции изделия"

Технологический контроль конструкторской документации на изделие (блок 1 на рис. 2.1.2) имеет целью выявление степени ее соответствия реальным производственно-технологическим условиям изготовления изделия.

Для оценки уровня технологичности конструкции (блок 2 на рис. 2.1.2) используют систему показателей, правила выбора которых регламентированы стандартом. Базовые значения показателей, необходимые для оценки уровня технологичности разрабатываемой конструкции, указывают в ТЗ на разработку изделия, а для отдельных видов изделий, номенклатура которых установлена по отраслям, — в отраслевых стандартах. Существуют два способа задания таких показателей. Во-первых, базовые значения могут быть заданы как множество предельных нормативов, обязательных для выполнения в разрабатываемом изделии. Конкретного (базового) изделия, обладающего набором значений показателей технологичности, при этом не задают. Во-вторых, базовые значения показателей можно взять с конкретного (базового) изделия, принятого за ближайший прототип разрабатываемого изделия.

Уровень технологичности K_{y_i} разрабатываемого изделия по показателю K_i будет

$$K_{y_i} = K_{i_p} / K_{i_b},$$

где K_{i_b} — значения показателя K_i у базового и разрабатываемого изделий. Технологичной считается конструкция, значения показателей технологичности которой совпадают с базовыми показателями или превосходят их.

Оценка уровня технологичности позволяет отметить основные конструктивно-технологические мероприятия; подробно разрабатываемые на следующей стадии обеспечения технологичности. Отработку конструкции на технологичность (блок 3 на рис. 2.1.2) проводят на всех стадиях проектирования изделия (техническое предложение, эскизный и технический проекты, рабочая конструкторская документация), при ТПП и, когда это обосновано, при изготовлении изделия.

Для обеспечения технических требований при изготовлении конструктивных элементов изделия необходимо принятие соответствующих технологических решений (ТР), которые можно рассматривать как фрагменты укрупненного технологического проектирования. На этом этапе отработки конструкции изделия на технологичность намечают основное содержание необходимых технологических переходов, операций, отдельных фраг-

ментов и даже процесса в целом; осуществляя предварительный выбор СТО и т.д., учитывая реальные технологические возможности предприятия-изготовителя.

При совместной оптимизации ТР и конструктивно-технологических параметров элементов изделия, формируют предложения по возможным изменениям конструкции изделия, которые передают в службы конструкторской подготовки производства и после их рассмотрения и согласования в конструкцию изделия в установленном стандартами порядке вносят изменения (блок 4 на рис. 2.1.2).

Технологическое проектирование объединяет две функции ТПП: разработку ТП и проектирование СТО (блоки 2 и 3 на рис. 2.1.1).

Проектирование рабочих ТП изготовления деталей и их сборки ведется либо на основе процессов-аналогов, либо выполняется индивидуальное проектирование.

Процессами-аналогами принято называть типовые и групповые ТП. В случае использования при проектировании процессов-аналогов структура и содержание ТО рабочего ТП в значительной мере определяются структурой процесса-аналога. Разработку рабочих ТП изготовления деталей на основе процесса-аналога выполняют в соответствии со структурной диаграммой, приведенной на рис. 2.1.3 [14].

Входными данными при этом являются: конструкторская документация на изделие — $V1$ и заготовку — $V2$, программа выпуска изделий — $V3$, информационное обеспечение — $V4$, чертежи изделий, отработанных на технологичность, — $V5$; чертежи заготовок — $V6$; изменения ТП изготовления деталей — $V7$.

Выходными данными являются: изменения конструкций деталей — $W1$, конструкторская документация, прошедшая технологический контроль, — $W11$; параметры процесса-аналога — $W21$; параметры маршрутной и операционной технологий — $W31$; изменения ТП — $W41$; параметры маршрутной и операционной технологий — $W42$; ТП изготовления детали — $W2$.

Важнейшим этапом решения является выбор процесса-аналога (блок 2 на рис. 2.1.3), при котором последовательно решаются две задачи: классификация детали и выбор процесса-аналога по ее (детали) классификационному коду. Цель классификации — определение принадлежности детали к некоторой группе (классу) деталей, обладающих общностью конструктивно-технологических (или только технологических) признаков.

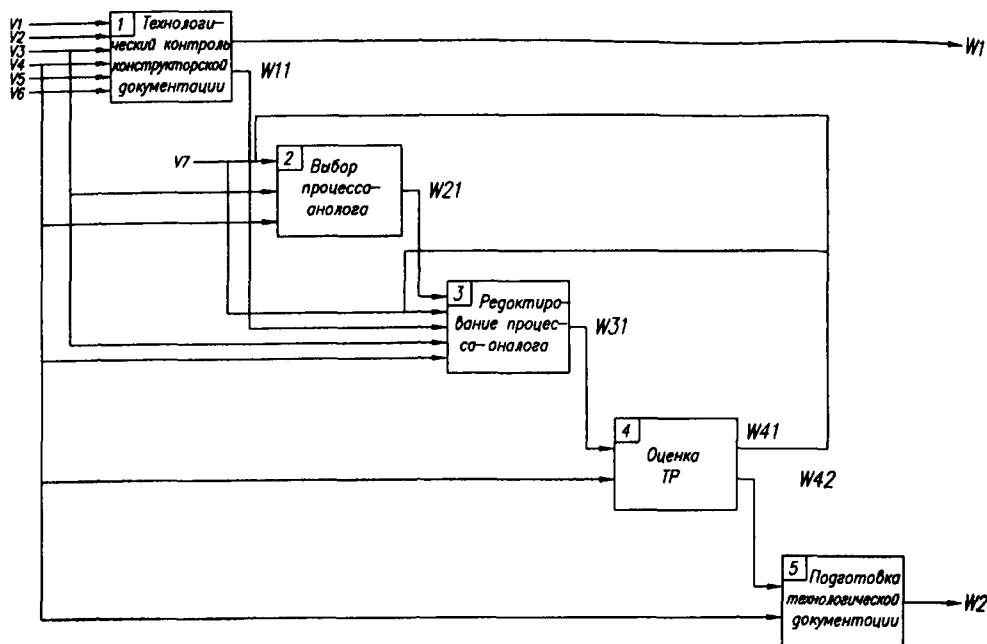


Рис. 2.1.3. Структурная диаграмма разработки единичного ТП изготовления деталей на основе процесса-аналога

Классификация деталей выполняется с помощью технологического классификатора деталей (ТКД) машиностроения и приборостроения, являющегося продолжением и дополнением классификатора ЕСКД (классы 71–76), разработанного в качестве информационной части ГОСТ 2.201–80. Классы 71–76 охватывают детали всех отраслей промышленности основного и вспомогательного производства. ТКД представляет собой систематизированный в виде классификационных таблиц свод наименований общих признаков деталей, составляющих их частных признаков и кодовых обозначений. Структура полного конструкторско-технологического кода детали состоит из обозначения детали по ГОСТ 2.201–80 и технологического кода длиной в четырнадцать знаков. Технологический код состоит из двух частей: постоянной части из шести знаков и переменной части из восьми знаков (рис. 2.1.4, а и б). Структура переменной части технологического кода зависит от технологического метода изготовления деталей (литье,ковка и объемная штамповка, обработка резанием, всего девять групп методов). Использование таблиц ТКД позволяет однозначно представить конструкторско-технологические признаки детали в виде кода описанной структуры.

ТКД позволяет решать следующие задачи:

- анализа номенклатуры деталей по их конструктивно-технологическим признакам,
- группирования деталей по их конструктивно-технологическому подобию для разработки процессов-аналогов;
- унификации и стандартизации деталей и ТП их изготовления;
- тематического поиска и использования ранее разработанных процессов-аналогов.

Сформированный код изделия является основой для выбора процесса-аналога. Проводят сравнение кодов изделия, на которое разрабатывают ТП, и изделий-представителей, данные о ТП изготовления которых имеются в информационном обеспечении. В случае нахождения процесса-аналога его параметры (см. рис. 2.1.3, стрелка W21) принимают за основу создаваемого рабочего процесса.

Собственно разработка рабочего процесса сводится к редактированию процесса-аналога (блок 3 на рис. 2.1.3) в соответствии с конструктивно-технологическими особенностями детали, для которой этот процесс разрабатывают. При этом может измениться как структура процесса-аналога (вследствие включения в него или, наоборот, удаления некоторых

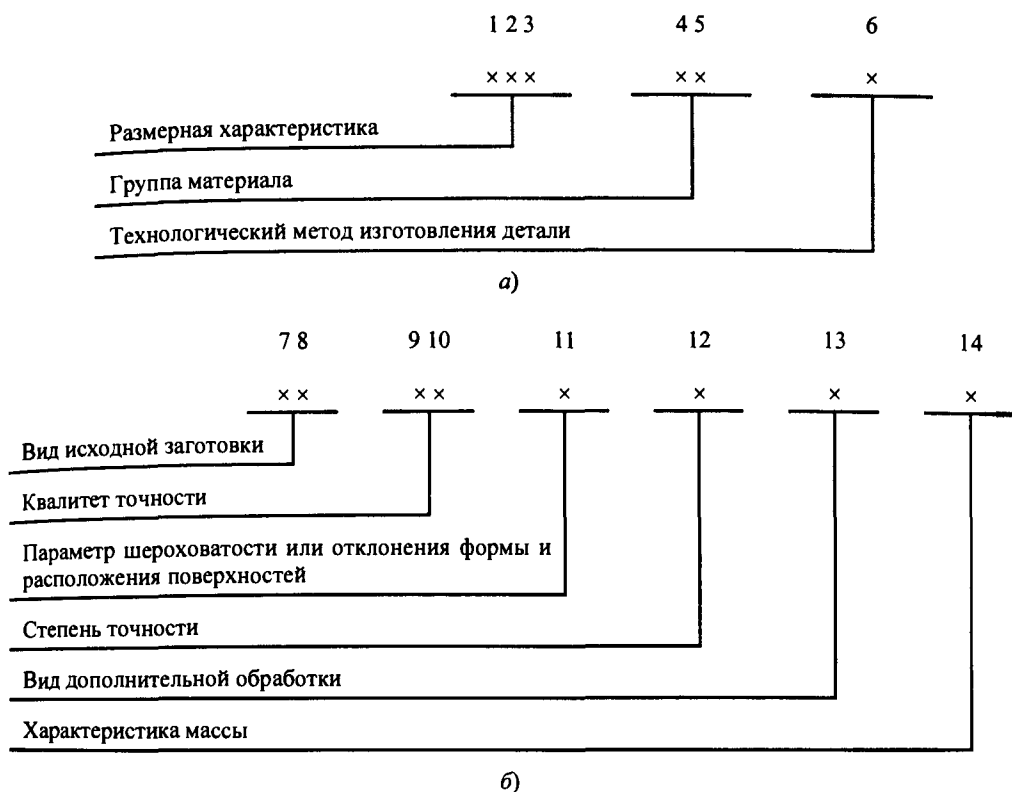


Рис. 2.1.4. Структура постоянной (а) и переменной (б) части технологического кода деталей, обрабатываемых резанием

операций), так и содержание самих ТО. Возможно проведение необходимых технологических расчетов по определению режимов обработки, нормирования операций и т.д.

ТР, принятые в процессе проектирования и представленные параметрами маршрутной и операционной технологий, оценивают (блок 4 на рис. 2.1.3), используя различные количественные (техничко-экономические) и качественные критерии. Если параметры спроектированной маршрутной и (или) операционной технологии не отвечают поставленным критериям, то принимают решение об изменении ТП. В зависимости от степени несоответствия параметров ТП поставленным критериям необходимые изменения вносят либо на этапе редактирования, либо на этапе выбора процесса-аналога. В последнем случае возможна корректировка конструкторско-технологического кода детали и поиск нового процесса-аналога с выполнением всех последующих этапов разработки.

Параметры разработанного ТП представляют в технологической документации в

формах, установленных стандартами ЕСТД (блок 5 на рис. 2.1.3).

Индивидуальное проектирование рабочих ТП изготовления деталей выполняется в соответствии со структурной диаграммой, показанной на рис. 2.1.5 [14]

Состав и содержание входных данных при индивидуальном проектировании ТП полностью совпадают с составом и содержанием входных данных при проектировании ТП на основе процесса-аналога (см. рис. 2.1.3).

Выходными документами являются: изменения конструкций деталей – *W1*; конструкторская документация, прошедшая технологический контроль, – *W11*; параметры маршрутной технологии – *W21*; параметры операционной технологии – *W31*; изменения операционной технологии – *W41*; изменения маршрутной технологии – *W42*; параметры маршрутной и операционной технологий – *W43*; ТП изготовления детали – *W2*.

Результаты разработки маршрутной и операционной технологий оценивают.

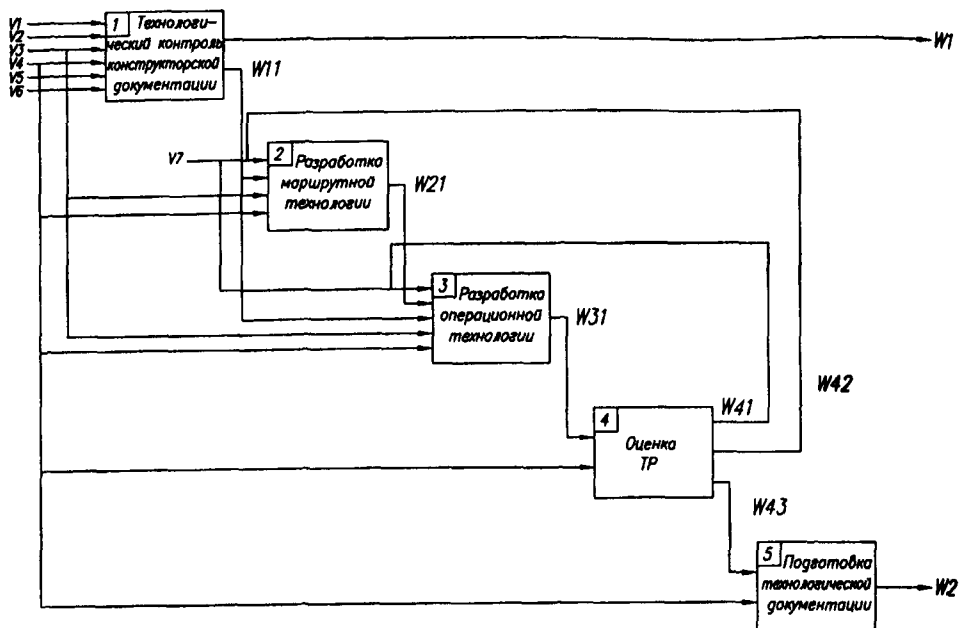


Рис. 2.1.5. Структурная диаграмма разработки единичного ТП изготовления деталей при индивидуальном проектировании

В случае, если параметры спроектированной маршрутной и (или) операционной технологии не отвечают поставленным технико-экономическим критериям, принимают решение об изменении ТП. Возможен возврат на этапы разработки маршрутной и (или) операционной технологии с повторением всех последующих действий. Изменения вносят итерационно до тех пор, пока параметры проектируемого процесса не будут удовлетворять поставленным критериям.

Реализация функции проектирования СТО (см. блок 3 на рис. 2.1.1) осуществляется в виде подфункций выбора и проектирования. Выбор предшествует проектированию СТО, которое проводят в случае, если он не дал желаемых результатов.

Выбор СТО выполняют в случае, если существует возможность поиска требуемого средства во множестве имеющихся или стандартных средств. Последовательность выбора СТО следующая:

- определяют точное наименование требуемого СТО, для оборудования группу и тип;
- формируют основные требования к искомому СТО;
- выполняют поиск в соответствии с требованиями;

- оформляют заказ на приобретение найденного СТО.

Исходные данные для поиска содержатся в ТЗ на СТО. Поиск конструкции технологической оснастки осуществляют с учетом стандартных и типовых решений на основе габаритных размеров и вида заготовки, точности параметров и конструктивных характеристик поверхностей изделия, схем установки заготовок, характеристик оборудования, объема выпуска (типа производства).

К основным задачам, решаемым при выполнении подфункции проектирования СТО, относят:

- разработку ТЗ на проектирование СТО;
- проектирование специальных приспособлений;
- проектирование переналаживаемых приспособлений;
- проектирование СТО процессов контроля;
- проектирование вспомогательной технологической оснастки и инструмента;
- проектирование средств механизации и автоматизации производственных процессов.

В качестве исходных данных при проектировании СТО используют конструкторскую

и технологическую документацию, как вводимую в систему ТПП, так и формируемую в ходе выполнения предшествующих функций ТПП.

Выходная документация при проектировании СТО включает конструкторскую документацию на средства оснащения в соответствии со стандартами ЕСКД и заказ на изготовление СТО в соответствии с ЕСТД.

Функция ТПП "Организация контроля и управления ТП" (блок 4 на рис. 2.1.1) связана с непосредственной производственной реализацией результатов разработок и ТР. В отличие от функций ТПП, выполняемых до начала непосредственного производства изделия, указанная функция реализуется при производстве изделия в реальном масштабе времени.

Целью функции контроля и управления ТП является обеспечение выходного качества изделий, изготавливаемых на основании разработок, полученных в результате ТПП. При реализации указанной функции осуществляют, во-первых, контроль качества разработок и прежде всего ТП, полученных в результате ТПП, при внедрении их в производство, и, во-вторых, систематический контроль хода ТП в установившемся производстве (контроль выполнения технических требований и принятия необходимых ТР с целью их обеспечения).

Основные задачи, решаемые при выполнении рассматриваемой функции ТПП, следующие:

- сравнение заданных и фактических значений параметров качества изделий;
- анализ причин отклонений параметров качества изделий;
- принятие ТР о ликвидации отклонений параметров качества изделий;
- разработка и внедрение в производство мероприятий, обеспечивающих стабилизацию параметров качества изделий.

Рассматриваемая функция ТПП выполняется при изготовлении установочной, контрольной серий изделий, а также в период установившегося производства.

При изготовлении установочной и контрольной серий изделий идет отладка параметров внедряемого ТП, накапливается необходимый статистический материал, который можно использовать при обеспечении заданного качества в период установившегося производства. Проводимые мероприятия направлены в основном на компенсацию действия случайных

факторов физической природы, устранение влияния нетехнологичных элементов конструкций изделий, внесение необходимых изменений в структуру и параметры ТП, укрепление технологической дисциплины, устранение ошибочных и нерациональных решений, принятых при ТПП.

В период установившегося производства изделий главной целью рассматриваемой функции является стабильное обеспечение заданного качества для всего объема выпуска. Для стабилизации качества изделий в условиях установившегося серийного производства можно применять различные устройства, выполняющие функцию контроля и управления в автоматическом режиме. Для наладки этих устройств можно использовать статистический материал, полученный при изготовлении установочной и контрольной серий. Основное внимание следует уделять быстрому и эффективному реагированию технологических служб на возникающие изменения штатного хода ТП, обусловленные изменяющейся производственной ситуацией.

Разработка и внедрение мероприятий по стабилизации качества изделия базируются на множестве принятых ТР. Техническое мероприятие отличается от ТР большей глубиной и комплексностью проработки; учет не только технологических, но и организационных аспектов производства; инструктивный характер содержания; документальное оформление. Таким образом, разработанное на основе принятых ТР технологическое мероприятие следует рассматривать как документально предписанную совокупность действий, ориентированных на непосредственное внедрение в производство.

Мероприятия могут повторять отдельные этапы или даже целые функции ТПП. Полученные результаты отражаются в изменениях ТП изготовления деталей и сборки изделий, а также в возможных изменениях конструкции деталей и сборочных единиц. Эти изменения, в случае их принятия, вносят в технологическую и конструкторскую документацию в порядке, предусмотренном стандартами. Указанная работа выполняется при тесном взаимодействии цеховых технологических служб, ОГТ, работников ОТК и заводских лабораторий.

Информационное обеспечение системы ТПП может быть разделено на инвариантное функциям ТПП и функционально ориентированное.

Инвариантные функциям ТПП информационное обеспечение включает в себя следующие основные данные.

1. Сведения об имеющемся технологическом оборудовании, используемых технологических методах и процессах, производственных площадях, технологической оснастке и других имеющихся в наличии ресурсах производства.

2. Текущие технико-экономические показатели предприятия и данные об экономической ситуации на рынке выпускаемой предприятием продукции.

3. Данные о реальных конструктивно-технологических параметрах поступивших заготовок и уже выпущенных изделий, полученные по результатам входного контроля заготовок и приемного контроля изделий (например, опытной партии).

4. Оперативную информацию о ходе реализованных ТП, включающую данные операционного контроля ТП или обрабатываемой заготовки после завершения определенной ТО.

5. Общие методы принятия ТР и их оптимизации.

Компонентами функционально ориентированного информационного обеспечения ТПП являются следующие.

Для функции обеспечения ТКИ:

- правила обеспечения технологичности конструкций изделий, сборочных единиц, деталей;

- правила выбора показателей технологичности конструкций. Номенклатура показателей регламентируется стандартами. Выбранные показатели технологичности дают возможность оценить уровень технологичности конструкций.

Для функции разработки ТП:

- правила выбора метода изготовления и конструирование исходных заготовок;

- правила разработки и применения ТП (типового, группового и единичного);

- классификатор ЕСКД и технологический классификатор деталей (ТКД) машиностроения и приборостроения;

- руководящая и справочная информация, состав и содержание которой установлены стандартами.

Для функции проектирования СТО:

- правила выбора и проектирования СТО;

- нормативно-техническая и техническая документация, состав и содержание которой установлены стандартами.

Для функции контроля и управления ТП:

- методы выявления причин отклонений хода ТП;

- методы и правила принятия и реализации ТР по ликвидации отклонений в ходе ТП.

2.1.4. АНАЛИЗ УРОВНЯ СИСТЕМЫ ТПП НА ПРЕДПРИЯТИИ

Порядок проведения работ по обследованию и анализу ТПП. Обследование и анализ уровня системы ТПП проводятся в начале работ по совершенствованию систем ТПП на промышленных предприятиях на основе внедрения ЕСТПП на стадии разработки ТЗ. Круг вопросов, включаемых в программу, определяется задачами стадии разработки ТЗ. Поэтому в программе обследования и анализа предусматриваются только те вопросы, без анализа которых невозможно выполнить основные задачи данной стадии разработки и внедрения.

Обследование и анализ уровня системы ТПП проводятся для изучения состояния, характера, основных проблем предприятия, его особенностей и специфики с целью:

- определения неиспользованных резервов и узких мест;

- выявления потерь, которые возникают вследствие недостаточной организации ТПП, несовершенного технического уровня проведения работ, методов планирования ТПП и системы нормативов по ТПП;

- установления специфических особенностей решения задач по ТПП;

- установления характерных причин, побуждающих предприятие применять те или иные практические приемы и методы в процессе проведения ТПП;

- определения организационно-технических мероприятий, подлежащих выполнению и обеспечивающих внедрение документов ЕСТПП.

Работа по обследованию и анализу уровня системы ТПП проводится в три этапа:

- сбор исходных данных;

- анализ исходных данных;

- разработка предложений для включения в ТЗ.

На этапе сбора исходных данных устанавливаются цели и показатели анализа, состав решаемых на предприятии задач ТПП на основании типового перечня задач, приведенного в приложении [10]. По каждой задаче собирают-

ся данные, характеризующие различные элементы задач и общий уровень их решения.

На основании и по материалам исходных данных производится разработка рабочей исходной модели системы ТПП.

Важнейшим вопросом сбора исходных данных является точное определение источников получения необходимых сведений. Это позволяет четко определить место и способ получения необходимых данных в соответствии с программой анализа и придать работе целенаправленный характер. В качестве источников сведений при проведении анализа могут быть использованы инструктивные и директивные материалы по организации и ведению ТПП на предприятии, технологические и конструкторские документы, разрабатываемые в процессе ТПП, нормативно-технические документы, работники предприятия.

На этапе анализа исходных данных в соответствии с установленными целями и выбранными показателями производится анализ уровня и определение численных значений показателей. По каждому показателю устанавливаются перспективные значения его улучшения.

Завершающим этапом обследования и анализа является разработка предложений по повышению уровня системы ТПП на предприятии. Предложения являются исходными данными для разработки ТЗ на создание документации по совершенствованию системы ТПП на основе внедрения стандартов ЕСТПП.

Установление целей, объектов и показателей анализа. Анализ системы ТПП на предприятии проводится с целью установления организационно-технического уровня системы на текущий момент времени, сравнения этого уровня с уровнем ЕСТПП и разработки экономически обоснованных мероприятий, направленных на повышение уровня ТПП.

Повышение уровня системы ТПП достигается внедрением целого ряда мероприятий, предусмотренных стандартами ЕСТПП, главными из которых являются:

- повышение уровня применения типовых ТП изготовления, контроля и испытания изделий;
- повышение уровня применения стандартных переналаживаемых СТО;
- повышение уровня организации производства на основе внедрения переналаживаемых технологических комплексов (поточных линий, участков групповой обработки и

др.), оснащенных автоматизированной системой управления;

- внедрение автоматизированных методов проектирования ТП и СТО и решение задач управления;

- повышение уровня качества выпускаемых изделий путем метрологического обеспечения ТПП.

При анализе уровня системы ТПП объектами анализа являются все элементы системы ТПП:

- предприятие в целом для установления общей характеристики предприятия и общих особенностей ТПП;

- функциональная структура системы для установления номенклатуры решаемых в ТПП задач, анализа методов их решения и повышения уровня эффективности на основе внедрения ЕСТПП;

- административная структура системы с целью разработки мероприятий по внедрению современных форм организации производства на основе применения вычислительной техники.

При анализе уровня системы производства объектами анализа являются только те элементы, уровень которых формируется в процессе ТПП:

- ТП изготовления, контроля и испытания изделий;

- СТО (технологическое оборудование, технологическая оснастка и инструмент);

- организационные формы производства.

Анализ уровня ТПП по установленной номенклатуре объектов анализа проводится по соответствующей совокупности показателей. Показатели уровня процессов создания элементов производства должны характеризовать организацию подготовки производства; механизацию и автоматизацию инженерного и управленческого труда; использование стандартных и типовых решений в процессе реализации различных задач ТПП; специализацию и кооперирование при обеспечении производства СТО; обеспеченность и уровень используемых нормативов и др.

Показатели уровня элементов производства должны характеризовать уровни стандартизации и унификации, качество и производительность, стабильность и точность технологических процессов; СТО (технологического оборудования, технологической оснастки и инструмента); прогрессивность используемых нормативов управления и организации [10].

Показатели уровня ЕСТПП необходимо рассматривать в динамике и уточнять на основании сбора статистических данных и прогноза развития технического прогресса.

Состав исходных данных анализа. Состав исходных данных для анализа ТПП определяется перечнем задач, решаемых в системе.

По каждой задаче устанавливается общая ее характеристика, включающая цели решения, показатели трудоемкости и периодичность решения данной задачи в год.

Для характеристики входных и выходных документов, участвующих в решении конкретной задачи, необходимо собрать все формы названных документов, установить их соответствие государственным стандартам, указать характер отклонений от стандартных форм. По каждой форме определяется средний коэффициент заполнения формы

$$K_3^{\Phi} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_3^i / Q_0^i}{n},$$

где Q_3^i – количество информации в знаках, внесенной в заполненный документ; Q_0^i – общая информационная емкость документа в знаках; n – количество проанализированных документов одного наименования.

Характеристика информационных массивов, используемых при решении задачи, включает следующие вопросы: полнота и новизна массивов; простота изложения и удобство пользования.

Полнота информационных массивов характеризуется коэффициентом

$$K_n^{\Phi} = \frac{Q_{\text{по}}}{Q},$$

где $Q_{\text{по}}$ – количество постоянной информации, используемой при решении; Q – общее количество информации, которое используется при решении задачи.

Значение K_n^{Φ} характеризует соотношение объемов постоянной и переменной информации в задаче. Так как на трудоемкость решения задачи большое влияние оказывает объем переменной информации, которая разрабатывается каждый раз, когда задача решается, то, следовательно, сокращение переменной информации и увеличение коэффициента полноты уменьшают трудоемкость решения. Ком-

плексная стандартизация и типизация всех элементов производственного процесса увеличивает долю постоянной нормативно-справочной информации.

Новизна (прогрессивность) нормативно-справочных информационных массивов определяется экспертным путем. В этом случае устанавливают насколько полно они содержат последние достижения науки и техники, насколько в них учтены требования государственных и отраслевых стандартов.

Простота изложения предполагает обследование массивов с точки зрения простоты и удобства пользования ими, извлечения информации и внесения изменений.

Характеристика алгоритмов решения задачи включает следующие вопросы: прогрессивность решения; уровень механизации и автоматизации; применяемые технические средства; гибкость решения; продолжительность решения.

Прогрессивность решения предполагает, что методы, используемые при решении задачи, отвечают современным требованиям и достижениям науки и техники. При этом учитываются все факторы и особенности производства, обеспечивающие экономии материальных, трудовых и прочих ресурсов. Прогрессивные решения должны выполняться автоматизировано с использованием средств ВТ (с учетом экономической целесообразности). Оценка прогрессивности решения производится экспертным путем.

Методы классификации и кодирования информации, используемые при решении задач ТПП, характеризуются составом технико-экономической информации, имеющим классификационное обозначение, в который входят: структура кода каждого классификатора и задачи, решаемые с их помощью. Классификационные обозначения должны соответствовать государственным системам классификации и кодирования.

Разработка графической информационной модели системы ТПП. Графическая информационная модель системы ТПП представляет собой схематическое описание системы ТПП. Она должна отражать:

- номенклатуру функций и задач, решаемых в системе;
- информационные связи системы ТПП;
- последовательность решения задач в системе;
- входную информацию, необходимую для решения задач, и выходную информацию, получающуюся при их решении;

- технические характеристики информации (объем, периодичность возникновения);
- виды носителей информации, используемых в решении задач;
- процедуры решения задач;
- состав технических средств при решении задач;
- состав административных подразделений, участвующих в решении задач.

Модель системы ТПП в зависимости от ее назначения и способа разработки может быть типовой или рабочей. Типовая модель системы ТПП отражает взаимосвязь типовых проектных решений задач ТПП и предназначена для разработки рабочей модели системы. Типовая модель разрабатывается для группы однотипных по организационно-производственным признакам предприятий определенной отрасли и содержит прогрессивные проектные решения по совершенствованию методов и средств организации и ведения ТПП, рационализации документооборотов и выбору типовых решений задач ТПП.

Рабочая модель системы ТПП разрабатывается для конкретного предприятия при проведении работ по совершенствованию действующей системы ТПП на принципах ЕСТПП и предназначена для организации и управления ТПП. Рабочая модель разделяется на исходную и конечную. Исходная рабочая модель отражает начальное состояние ТПП до ее совершенствования, конечная модель отражает проект усовершенствованной системы ТПП новых изделий. Основой для разработки конечной рабочей модели служит типовая модель, ориентированная на оптимальный уровень автоматизации процесса обработки информации и содержащая рекомендации по разработке рабочей модели. Рабочую конечную модель системы ТПП разрабатывают последовательно на стадиях технического и рабочего проектов на основе анализа исходной модели, документации типовой модели системы ТПП с учетом требований стандартов ЕСТПП.

Независимо от вида и назначения модели ее структура представляется комплектом блок-схем, наглядно отображающих элементы системы, информационные связи между элементами, последовательность решения задач в системе, входную и выходную информацию, виды носителей информации, используемых в решении задач, а также текстовыми документами к блок-схемам.

Блок-схемы в зависимости от степени детализации подразделяются на блок-схемы функций, блок-схемы задач и блок-схемы процедур.

Блок-схема функций (рис. 2.1.6) отображает номенклатуру функций ТПП и их основные информационные связи. Блок-схемой функций пользуются при установлении границ системы ТПП и информационных связей с внешними по отношению к ней системами, а также при разработке рациональной организационной структуры службы ТПП.

Для обозначения системы, функции и задачи ТПП на блок-схеме используется четырехзначная структура цифровых обозначений:



К блок-схеме функций прилагается перечень функций и задач, оформленный в виде таблицы, фрагмент которой приведен ниже (табл. 2.1.3).

Блок-схема задач отображает номенклатуру задач, их информационные связи и последовательность решения, состав входной и выходной информации по каждой задаче, а также виды носителей информации. Блок-схема задач служит для информационной увязки задач и используется для оптимизации состава информации, информационных связей и последовательности решения задач, а также для построения схем документооборота и сетевых моделей управления ТПП. Блок-схемой задач совместно с блок-схемой функций пользуются при разработке рациональной организационной структуры службы ТПП предприятия. Взаимовязку блок-схем задач, выполненных отдельно в пределах каждой функции, осуществляют при помощи блок-схемы функций.

К блок-схеме задач прилагается перечень носителей информации, оформленный в виде таблицы. В перечне указаны обозначения носителей, их наименования, периодичность возникновения носителей (раз/год), объем информации, выраженный количеством буквенно-цифровых символов.

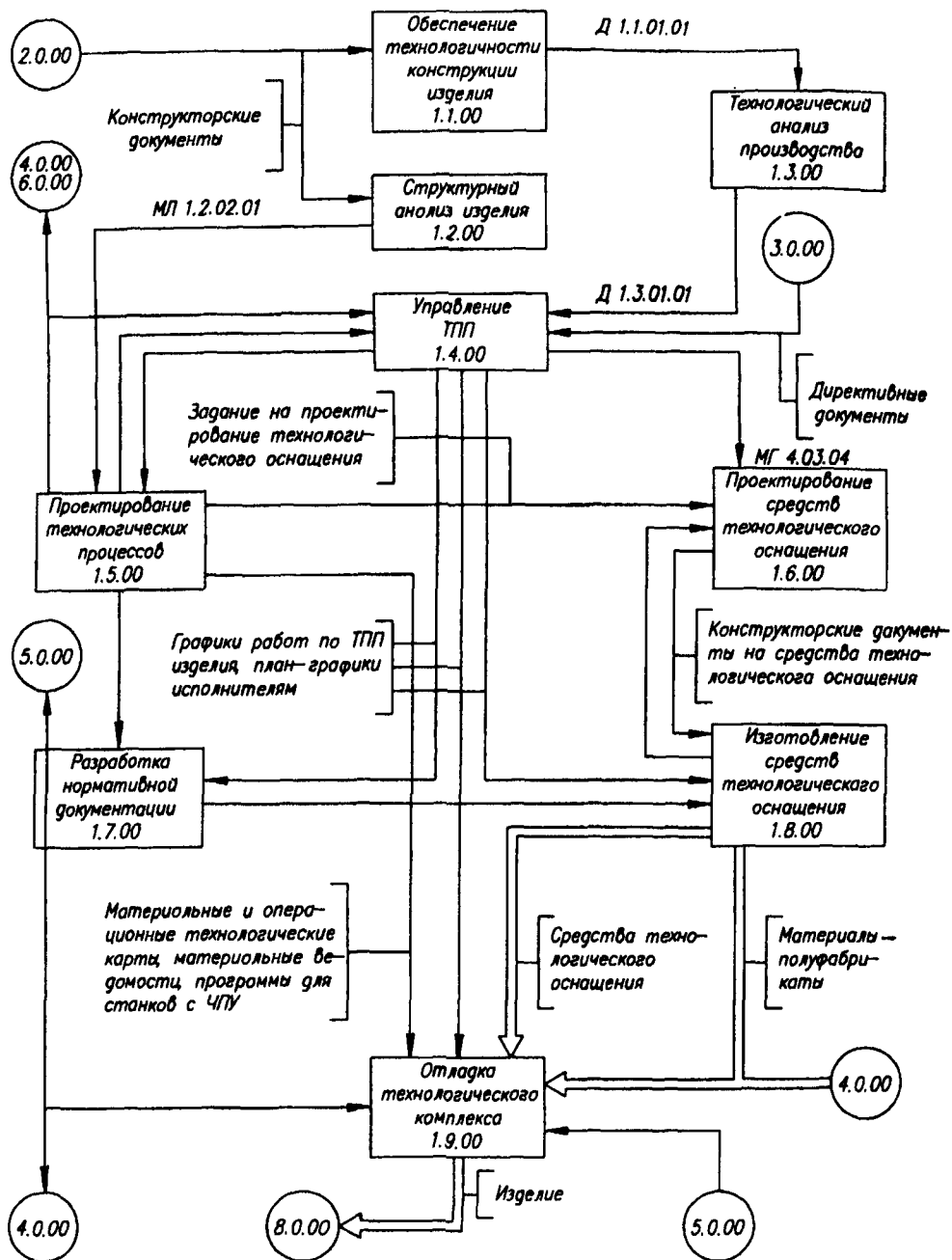


Рис. 2.1.6. Блок-схема функций ТПП

Внешние по отношению к ТПП системы: 2.0.00 – система разработчика изделий; 3.0.00 – система министерства;

4.0.00 – подсистема управления материально-техническим снабжением; 5.0.00 – подсистема управления основным производством; 6.0.00 – подсистема технико-экономического планирования;

8.0.00 – подсистема управления сбытом продукции.

Некоторые документы: Д 1.1.01.01 – ведомость технологической оценки;

МЛ 1.2.02.01 – ведомость состава изделий; Д 1.3.01.01 – ведомость производственных характеристик цехов

2.1.3. Фрагмент перечня функций и задач, прилагаемых к блок-схеме функций

Обозначение функции	Наименование функции	Обозначение задачи	Наименование функции
1.1.00	Обеспечение технологичности конструкции изделия	1.1.01	Разработка ведомости технологической оценки изделия
		1.1.02	Разработка протокола отработки конструкции изделия на технологичность
1.5.00	Проектирование технологических процессов	1.5.01	Разработка ТП механической обработки
		1.5.02	Разработка программ для станков с ЧПУ

Блок-схема процедур отображает состав и последовательность выполнения отдельных специализированных процедур по обработке технико-экономической информации при решении одной или нескольких задач, а также состав используемых технических средств и административных подразделений, участвующих в их решении.

Блок-схемой процедур пользуются при формировании требований к методам решения задач, при выборе конкретных технических средств, используемых для сбора, хранения и обработки информации, и области их использования, а также для определения временных параметров решения отдельных задач при формировании сетевых моделей управления ТПП.

К блок-схеме процедур прилагается перечень процедур с указанием номера, содержания процедуры и исполнителя.

Проведение анализа уровня ТПП предполагает:

- определение коэффициентов технического уровня;
- сравнение численных значений коэффициентов с уровнем, с требованиями и положениями ЕСТПП, разработку предложений по достижению наибольшего уровня;
- анализ технического уровня решения задач ТПП;
- анализ и определение численных значений коэффициентов организационного уровня управления ТПП и разработку предложений по его повышению.

Первые три процедуры анализа, связанные с определением технического уровня ТПП, рассмотрены выше. Ниже будут рассмотрены вопросы анализа организационного уровня управления ТПП. Последний характеризуется степенью соответствия действий коллектива по использованию ресурсов производства требуемым значениям эффективности.

Степень соответствия требуемым значениям эффективности оценивается численным рядом коэффициентов со значениями: 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9. ТПП с наиболее низким организационным уровнем оценивается коэффициентом 0,1, а с наиболее высоким организационным уровнем – 0,9.

Описание уровня ТПП производится по элементам, представляющим собой функции управления по ГОСТ 14.101–73: планирование, учет и контроль, регулирование хода ТПП. Каждый элемент характеризуется применением соответствующих методов, стандартных форм документов, классификаторов, различных средств ВТ и т.д. Эта характеристика дается в так называемых определителях организационного уровня решения групп однородных задач, представляющих собой описание работ, приемов, технических средств, нормативов по каждому элементу системы ТПП. Каждый элемент системы ТПП описывается одним или несколькими определителями. По определителям организационного уровня производится числовая оценка организационного уровня каждого элемента системы, после чего вычисляется коэффициент организационного уровня системы в целом.

Коэффициент организационного уровня элемента (Y_3) вычисляется по формуле

$$Y_3 = \sum_{i=1}^n Y_{\text{опр}} K_{\text{опр}}, \quad \sum_{i=1}^n K_{\text{опр}} = 1,$$

где $Y_{\text{опр}}$ – коэффициент организационного уровня определителя (он может быть равен 0,1, 0,3, 0,5, 0,7 и 0,9), $K_{\text{опр}}$ – удельное значение (весовой коэффициент) определителя в элементе, n – количество определителей в элементе

Если удельные значения определителей элемента имеют одинаковые значения, то коэффициент уровня элемента рассчитывают по следующей формуле

$$Y_3 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{\text{опр}}}{n}$$

Коэффициент организации уровня управления системы ТПП – Y_c рассчитывают по формуле

$$Y_c = \sum_{i=1}^m Y_3 K_3, \quad \sum_{i=1}^m K_3 = 1,$$

где K_3 – удельное значение (весовой коэффициент) элемента в системе, m – количество элементов в системе

Весовые коэффициенты $K_{\text{опр}}$ и K_3 зависят от специфических особенностей конкретного предприятия, сложности объекта изготовления, программы выпуска, объемов реализации и т.п. и определяются для каждого предприятия или группы однородных предприятий методом экспертных оценок

В результате обследования и анализа технического и организационного уровня системы ТПП на предприятии разрабатываются предложения по повышению этого уровня на базе внедрения стандартов и методических положений ЕСТПП

Предложения являются исходным документом для разработки ТЗ на создание документации по совершенствованию системы ТПП на основе внедрения стандартов ЕСТПП

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ГОСТ 14 004–83 ЕСТПП Термины и определения основных понятий

2 ГОСТ 14 101–73 ЕСТПП Основные правила организации и управления процессом ТПП

3 ГОСТ 14 201–83 ЕСТПП Общие правила отработки конструкции изделия на технологичность

4 ГОСТ 2 121–73 ЕСКД Технологический контроль конструкторской документации

5 ГОСТ 14 301–83 ЕСТПП Общие правила разработки ТП и выбора СТО

6 ГОСТ Р 50-54-11–87 ЕСТПП Правила выбора технологического оборудования

7 ГОСТ 2 201–80 ЕСКД Классификация и обозначение изделий и конструкторских документов

8 ГОСТ 3 1119–83 ЕСТД Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы

9 ГОСТ 3 1121–84 ЕСТД Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на групповые технологические процессы

10 Методика анализа системы ТПП на предприятии М Изд-во стандартов, 1974

11 Методика разработки информационной модели ТПП М ВНИИНАШ, 1973

12 Техниологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения М Изд-во стандартов Ч 1, 1974 Ч II, 1976

13 Технология машиностроения В 2 т Т 1 Основы технологии машиностроения Учебник для ВУЗов / В М Бурцев, А С Васильев, А М Дальский и др, Под ред А М Дальского М Изд-во МГТУ им Н Э Баумана, 1997 564 с, ил

14 Технология машиностроения В 2 т Т 2 Производство машин Учебник для ВУЗов / В М Бурцев, А С Васильев, О М Деев и др, Под ред Г Н Мельникова М Изд-во МГТУ им Н Э Баумана, 1998 640 с, ил

Глава 2.2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ

На этапе технологической подготовки производства (ТПП) материализуются все замыслы о конструкторско-технологическом облике готовящегося к промышленному производству изделия высшей категории качества, технико-экономически оптимизированного к условиям производства на конкретном предприятии и к условиям эксплуатации, заданным техническими требованиями

По трудоемкости создания и стоимости средств технологического оснащения (СТО) этап ТПП в жизненном цикле изделия отличается своей затратностью, многократно превышающей трудоемкость изготовления и стоимость самого изделия¹. Поэтому, этот этап должен быть короток, чтобы тем самым удлинить срок морального старения изделия и сократить путь изделия к потребителю продукции.

Этот этап должен быть и планомерно-эффективным, чтобы полностью достичь намеченных в конструкторской документации (КД) на изделие показателей и избежать каких-либо доделок и переделок, за которые пришлось бы расплачиваться дорогой ценой² в процессе промышленного производства изделия, а тем более в процессе эксплуатации, когда всякие изменения уже становятся экономически нецелесообразными или технически (технологически) неосуществимыми.

Для этого КД на изделие с начала этапа ТПП должна быть окончательно отработана с учетом мирового научно-технического опыта, технологической культуры предполагаемого завода-изготовителя, традиций надежной эксплуатации подобных изделий, включая безопасность и удобство технического обслуживания (хранения, транспортирования, технического осмотра и текущего ремонта).

В технических характеристиках как исходных конструкторских документах на вновь разработанное или модернизированное изделие указываются требования, которые должны быть выполнены в процессе постановки продукции на производство.

1 Показатели качества (надежность, условия эксплуатации)

2 Показатели технологичности (уровни стандартизации и унификации, экономическая эффективность в производстве и лимитная цена у потребителя, срок окупаемости затрат для намеченных объемов производства продукции, экологичность производства и эксплуатации изделия, эргономичность обслуживаемой техники)

¹ На разработку КД сложного изделия уходит 15-20 % времени, а 80-85 % его идет на изготовление опытных образцов и отработку их для промышленного производства.

² Каждый час, затраченный на отработку технологичности конструкции изделия (ОТКИ) во время создания КД, экономит в дальнейшем при обеспечении ТКИ в промышленном производстве минимум 100 часов для крупных конструкций.

В новых экономических условиях покупателя продукции интересует не только соотношение качества изделия и его стоимости, но и дизайн и компоновка, мода и колористика отделки, упаковка и маркировка, степень новизны и перспективность изделия, престиж фирмы и уровень технологической культуры производства, патентная чистота и экспортные возможности, участие производителя в монтажных работах, в подготовке изделия к эксплуатации, в техническом обслуживании и других аспектах послепродажного обслуживания (гарантийном ремонте, рекламации, утилизации).

Важными оказываются и такие факторы, как новаторское решение конструкции в функциональном и эстетическом отношении, конкурентоспособность продукции, качество ее рекламы, комфортность обслуживания покупателя при маркетинговых операциях. Современный покупатель остро реагирует на соблюдение фирмой законов РФ "О защите прав потребителей", "О сертификации продукции и услуг", "О стандартизации".

Этап полной отработки КД на изделие сложен необходимостью принимать решение в условиях недостатка информации, но в то же время он характеризуется экономически выгодным вложением средств, поскольку в последующей ТПП и затем во время промышленного производства не придется ничего изменять, а только стремиться достичь установленных показателей качества и технологичности конструкции изделия.

В комплекс показателей качества (ГОСТ 15467-79) изделия входят

- технические — масса, габариты, надежность, мощность, универсальность,
- экономические — стоимость, расход энергии,
- эксплуатационные — гарантийный срок, безопасные условия эксплуатации,
- эстетические — дизайн, тара и упаковка,
- маркетинговые — реклама, культура торговли, сервисное обслуживание,
- экологические — шум, загрязнение среды,
- эргономические — удобство, комфорт для человека.

Нормативные количественные значения этих показателей качества изделия в КД должны не только отражать современный мировой уровень, но даже быть опережающе скорректированными с учетом конкурентоспособности продукции к моменту выхода ее на рынок.

В комплекс показателей технологичности (ГОСТ 14.205–83) конструкции изделия (ТКИ) входят:

- базовые (исходные) показатели для изделия-аналога (прототипа) из группы однотипных изделий или расчетные значения по результатам научно-исследовательских работ (НИР);

- показатели уровня (от базового), реализованные в создаваемом изделии, например, уровни стандартизации, унификации, типизации, преемственности, взаимозаменяемости.

Номенклатура показателей устанавливается отраслевыми документами. Среди технических показателей выделяют число деталей (абсолютное или относительное) из прогрессивных материалов, число сборочных единиц, рациональных в производстве и в эксплуатации; среди экономических показателей – себестоимость, трудоемкость, материалоемкость (абсолютные или относительные) изделия в целом или его составных частей.

Допускается применение специальных показателей, не предусмотренных отраслевым стандартом.

Показатели могут быть частными и комплексными. Количество показателей должно быть минимальным, но достаточным для требуемой оценки ТКИ. Расчет показателей производят по отраслевым методикам.

Вопросы ОТКИ могут быть рассмотрены относительно выбора применяемых материалов (металлы, керамика, пластмассы, композиционные материалы), видов выполняемых работ (механическая обработка, литье, деформирование, сварка, пайка, клепка, склеивание, нанесение покрытий, сборка, монтаж, слесарная обработка, намотка, порошковая металлургия, контроль, испытания и др.), что находит отражение в изданиях технической литературы, в разделах, посвященных конструированию изделий, материаловедению, дефектоскопии, организации и управлению производством, автоматизации и компьютеризации.

Нормированные значения этих показателей ТКИ в КД должны отражать научно-технические достижения в области конструирования и технологии отраслевого машиностроения и оптимальные условия функционирования производственной системы (ПС) заданного типа, на которой планируется организация промышленного производства изделия (имеющийся или создаваемый завод, цех или участок и тип производства – массовый, серийный или единичный).

Количественные значения показателей ТКИ задаются опережающим планированием с учетом возможных гибких оперативных изменений (введение инновационных конструкторско-технологических решений – КТР) в процессе ТПП и промышленного производства по годам их осуществления.

В период эксплуатации изделия стоит лишь задача поддержания уровня ТКИ, достигнутого в производстве.

2.2.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Создание современных изделий машино-, приборостроения, конкурентоспособных на рынке продукции, базируется на системах всеобщего управления качеством и технологичностью этой продукции на всех этапах жизненного цикла изделия:

- при создании комплекта КД;
- при ТПП;
- при промышленном производстве изделия;
- в процессе эксплуатации, технического обслуживания и текущего ремонта у потребителя.

С конструкторским этапом при этом связано формирование системы показателей качества и технологичности создаваемого изделия и достижение рационального сочетания интересов заказчика, разработчика, изготовителя и потребителя. Здесь решается задача создания изделий высшей категории качества, требуемого количества, оптимальных себестоимости, трудоемкости, материалоемкости и энергоемкости в краткие сроки освоения производства, новаторских в своих технических и технологических решениях и конкурентоспособных на рынке продукции.

Разработка КД проходит в три стадии.

1. Техническое предложение (ГОСТ 2.118–73 ЕСКД).
2. Эскизный проект (ГОСТ 2.119–73 ЕСКД).
3. Технический проект (ГОСТ 2.120–73 ЕСКД).

На каждой стадии имеют дело с несколькими вариантами последовательно уточняемых решений:

- расчетно-исследовательскими работами;
- проектно-конструкторскими исследованиями математических и физических моделей и макетов;

- лабораторными исследованиями материалов и покрытий, клеев и герметиков и др.;
- технологическими исследованиями отдельных процессов (сварка, склеивание и др.), режимов их проведения и получаемыми результатами;
- опытным производством экземпляров отдельных деталей, узлов и агрегатов;
- стендовыми исследованиями объектов опытного производства;
- экспериментальной отработкой опытного изделия (партии изделий) во время заводских, межведомственных и государственных испытаний;
- испытаниями установочной серии зачетных изделий и головной серии изделий установившегося серийного производства.

На этих направлениях работ вносятся корректировки в КД и гибко уточняются уже достигнутые количественные значения параметров для базовых показателей качества и технологичности изделия и планируются показатели уровня, достигаемые в процессе последующей ТПП, промышленного производства и поддерживаемые в условиях эксплуатации изделия.

Самостоятельно могут быть оценены показатели качества и технологичности изделия для условий технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования. Сборочные единицы отрабатываются на ТКИ комплексно, когда конструкция должна соответствовать условиям серийного производства и эксплуатации.

Разработка рекомендаций по улучшению показателей качества и технологичности изделия, подготовка и внесение в КД соответствующих изменений проводятся по ГОСТ 2.503-90.

Разнообразные направления работ на этапе разработки КД связаны сетевым графиком, компьютеризованы и могут входить в единую систему автоматизированной разработки КД.

Крупные государственные производственные системы (завод, НИИ, КБ, НПО) и акционерные фирмы (ОАО, НПП, ЗАО, ПО) имеют в своей структуре конструкторские и технологические отделы (бюро), которые в творческом взаимодействии между собой создают на вновь разрабатываемое или на модифицируемое изделие КД, отвечающую комплексу требований³.

³ В кооперации работ участвуют также работники из специализированных отраслевых организаций, ученые из учреждений вузовской, отраслевой и академической науки.

Мелкие фирмы (АО, ООО) с частной административно-хозяйственной формой управления, пользующиеся услугами сторонних конструкторских организаций, обязаны подвергнуть независимому технологическому контролю качество подготовленной КД, которая должна отвечать комплексу требований.

1. К началу этапа ТПП КД должна соответствовать ряду государственных систем стандартов (ЕСКД, ЕСТД, ЕСТП, ЕСДП, СРПП, ССБТ, ССНТ (надежность), ССЭТО (эргономика), ЕСАКП (качество продукции), ГСОЕИ (единство измерения), ЕСККТЭИ (классификации и кодирование информации)), специальных отраслевых стандартов (ОСТ, НО, СП) и другой рекомендованной нормативно-технической и методической документации (ТУ, РМО, ВР, ограничителей марок материалов, регламентов организационно-плановой работы, рекомендаций инженерно-технических работ, методик расчетных и экспериментальных работ, автоматизированного и компьютеризированного производства и гибкого управления и др.), а также законов РФ "О стандартизации", "О сертификации продукции и услуг", "О защите прав потребителей".

Должны соблюдаться общетехнические нормы и правила и других стандартов.

2. КД должна отражать конструкторско-технологически-эксплуатационную рациональность членения как самого изделия, так и его составных частей:

- изделия на блочно-модульные составляющие;
- сборочных единиц - на детали;
- деталей - на элементы простых геометрических форм (конус, сфера и др.).

При этом оценивается рациональность числа элементов членения и оптимальность их компоновки в сборочной единице. Для повышения ТКИ выявляются независимо собираемые узлы и места дифференцированной и интегрированной сборки, ищутся возможности агрегатирования с присоединением на основную часть изделия других узлов с целью получения вариантов модификации изделия.

3. КД должна содержать приемы и методы повышения ТКИ:

- а) стандартизацию (государственную, отраслевую, предприятия), как отдельных элементов конструкции (крепёж, профильные и другие конструктивные элементы), так и нормализованных рядов их размеров (толщин, диаметров);

б) унификацию составных частей изделия по рационально ограниченной номенклатуре марок и сортаменту применяемых материалов, по типоразмерным и параметрическим рядам оборудования, приспособлений и инструментов, по единообразию требований к условным обозначениям, по применяемым методам контроля и испытаний, по выявляемым типовым и групповым признакам КТР, по необходимой степени взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц, по прогрессивности методик диагностирования, совершенства методов проведения контроля и испытаний;

в) заимствование комплексных КТР (деталей, узлов, агрегатов), показавших свою эксплуатационную надежность в ранее созданных прототипах, а также среди покупных комплектующих изделий, среди технологически преемственных СТО и технологических процессов, среди современных образцов контрольно-измерительной техники;

г) технологическую рациональность специализации и универсализации различных решений.

4. КД должна быть метрологически активной:

а) измерительные базы в КД увязываются с конструкторскими и технологическими базами изделия;

б) обеспечивается правильность построения размерных цепочек;

в) оптимизируются назначаемые величины точности размеров, посадок, допуски отклонений формы, взаимного расположения поверхностей, классы шероховатости поверхностей;

г) средства контроля и испытаний предполагаются доступными и отработанными в вопросах методики диагностирования, точности и надежности контроля изделия при его производстве и сертификации готовой продукции.

5. КД должна быть оптимизирована по показателям качества и технологичности с уровнем технологической культуры (материально-техническое оснащение, научно-производственный опыт и потенциал выбранной производственной системы – ПС, профессионализм рабочих и менеджмент инженерно-технических работников конкретного промышленного предприятия) и с предполагаемой стоимостью и конкурентоспособностью создаваемого изделия, а также с имеющимися финансовыми, материальными и людскими ресурсами. При решении этой задачи оптимизации применяются:

а) функционально-стоимостной анализ (ФСА) конструкции по разработанной и отработанной на технологичность КД;

б) принцип опережающей оценки, завышенные значения которой, устанавливаемые после проведения ОКР или по окончании работ с КД, достигаются по окончании ТПП или даже во время промышленного производства;

в) маркетинговые исследования рыночного спроса продукции, особенностей ожидаемого рынка сбыта, требуемой рекламы, характера послепродажного обслуживания (гарантийный и последующие ремонты, монтаж, настройка, сервисное обслуживание).

6. КД должна быть нацелена на внедрение новых КТР: применяемых материалов, физико-химических процессов формообразования деталей, процессов сборки, контроля и испытания сборочных единиц, методик конструирования и других новаторских решений мирового уровня (доля оригинального лимитируется 30 %, иначе удлиняются сроки освоения производства нового изделия).

7. КД должна учитывать достижения в области научной организации труда – НОТ, автоматизации и компьютеризации в области конструирования, технологии и в других областях. В современных условиях реализуется идея всеобщего управления качеством, когда АСУ качеством продукции действует на всех этапах создания КД (техническое предложение, эскизный проект и технический проект), при опытной конструкторской проработке и расчетно-исследовательских работах, во время экспериментальной отработки изделия, ТПП и в серийном производстве, а далее стремится охватить управление качеством во время маркетинга и послепродажного обслуживания продукции.

АСУ обработкой изделий на технологичность является дополнительной подсистемой к АСУ качеством продукции, объединяясь вместе с ней в компьютеризированное интегрирование производства. АСУ обрабатывает информацию математического моделирования всех этапов жизненного цикла изделия, гибко выявляет и оперативно устраняет конструкторско-технологические неувязки в процессе ОТКИ при разработке КД и оценке технико-экономических показателей изделия.

Расширение возможностей АСУ на этапе обеспечения технологичности во время ТПП,

серийного производства, сертификации продукции и эксплуатации изделия делает эту систему комплексной и более эффективной, реализуя идею всеобщего управления технологичностью.

Названными направлениями технологического контроля КД охватываются основные работы, которые составляют суть ОТКИ, проводимую во время этапа создания комплекта КД на изделие. Таким образом, выполняются основные задачи ОТКИ, которыми являются:

- обеспечение необходимых показателей качества изделия, и прежде всего надежности, которые вносятся в технические условия (ТУ) на изделие и карту технического уровня и качества изделия (ГОСТ 2.116–84). Эти оптимальные показатели служат оценкой качества выполненных при разработке КД работ (включая лабораторные исследования, стендовые испытания и опытное производство), позволяют разработать мероприятия по достижению базового уровня ТКИ в процессе ТПП и самого промышленного производства и поддерживать достигнутый уровень ТКИ в процессе эксплуатации, включая транспортировку, хранение, техническое обслуживание и текущий ремонт изделия. Эти же показатели качества используются при государственной, отраслевой и заводской аттестации качества продукции и определении технико-экономических показателей эффективности производства. Показатели качества в КД указываются с учетом принципа опережения и для достижения этих значений используется время ТПП и часть времени промышленного производства;

- повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени разработки КД, а также трудоемкости, себестоимости, материалоемкости и энергоемкости изделия во время работ на других этапах жизненного цикла изделия: ТПП, промышленного производства и эксплуатации без снижения качества изделия.

2.2.2. ТКИ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Качество продукции характеризуется комплексом важнейших признаков (функциональных, конструкционных и технологических), в частности, таких, как форма и размеры изделия, свойства и цвет материала, точность, мощность, надежность, безопасность и другие выходные характеристики целевой функции

изделия, а также особенность изготовления его деталей, сборки, контроля, испытания, регулировки и настройки сборочной единицы, ремонтопригодность, транспортабельность, эстетичность, эргономичность, экологичность, патентоспособность изделия и др.

Количественное выражение каждого из этих признаков является по ГОСТ 15467–79 *параметром продукции*. *Показатель качества* продукции представляет собой функцию ряда параметров изделия, и характер этой функции может быть весьма сложным и часто трудно обнаруживаемым. В связи с этим используются как *абсолютные* (единичные, интегральные и другие), так и *относительные* показатели качества продукции. Примером последних может служить отношение какого-либо показателя качества продукции к соответствующему показателю, принятому за базовый.

Оценить качество продукции можно также используя *обобщенный показатель*, относящийся к такой совокупности ее признаков, по которой принято решение провести расчет *уровня качества* изделия. При этом могут быть использованы тот или иной *способ оценки* (балльный, экспертный или др.), тот или иной *метод оценки* (дифференциальный, комплексный или иной) и определенная *направленность оценки* уровня качества продукции (техническая, технико-экономическая и др.).

Стандартом введены понятия качества изготовления, эксплуатации, хранения, транспортирования и ремонта продукции и соответствующие показатели качества выполнения этих работ. На формирование этих показателей качества влияют различные причины: качество применяемых материалов и комплектующих изделий, качество средств технологического оснащения (СТО), качество труда исполнителей, а также качество выполнения конструкторской нормативно-технической документации на изделия и выполняемые работы.

С многофакторностью формирования понятия качества изделия связана задача оптимизации его уровня качества по принятому критерию оптимизации, а также задача прогнозирования и планирования качества продукции статистическими методами контроля, анализа, регулирования и управления качеством.

В стандарте также отмечена возможность оценки влияния на качество продукции соответственно *технологических параметров производства* (изготовления, сборки, контроля и испытания) и *конструкторских параметров*

изделия. Такая двуединность оценки технического уровня конструкции изделия позволяет сделать более точной характеристику качества продукции, представляющей собой единое конструкторско-технологическое решение (КТР).

Среди различных признаков качества продукции особое место занимает такая характеристика конструкции изделия, как *технологичность* (ТКИ). С ее помощью из нескольких вариантов конструкторских решений создаваемой конструкции удастся выбрать тот, который не только наилучшим образом способен выполнить свои основные функции, но и обладает максимально возможными в условиях оптимизации технологическими свойствами.

Совокупность предъявляемых к конструкции технологических требований, в свою очередь, представляет сложную систему. Технические и технико-экономические показатели, характеризующие технологические свойства конструкции, сложным образом взаимосвязаны, а порой и взаимоисключают друг друга. Так ведут себя такие наиболее часто используемые показатели, как трудоемкость изготов-

ления изделия T_n и его технологическая себестоимость C_t . Неоднозначно влияние на технологические свойства изделия и таких показателей, как материалоемкость M_n и энергоемкость E_n изготовления изделия, а также применение новых материалов, заготовок и полуфабрикатов, гибких и адаптирующихся к изменяющейся производственной обстановке технологических процессов, комплексно-автоматизированных СТО и других новаций.

Изменение технологических свойств конструкции наблюдается при усилении роли стандартизации, унификации, преемственности и взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц как в конструкции изделия, так и в конструкциях СТО (табл. 2.2.1). К этой же тенденции ведет рациональное конструирование, типизация и упрощение (симплификация) конструкций, применение малооперационной прогрессивной технологии и форм организации производства, основанных на достижениях науки и техники, применение высокоэффективных короткоцикловых технологических процессов, устойчиво работающих в условиях минимальных межоперационных заделов или

2.2.1. Методы и приемы, используемые при отработке конструкций изделий на технологичность

Метод или прием	Рекомендации по применению
Рациональное конструирование	Исключение конструктивных решений, создающих технологические проблемы
Стандартизация	Применение решений, рекомендованных государственными стандартами
Нормализация	Применение решений, рекомендованных отраслевыми и заводскими стандартами (ОСТ, СТП), руководящими материалами (РМО, РМ, РТМ), нормами (НО), инструкциями, методиками
Унификация	Приведение решений к единообразию на основе установленного рационального числа их разновидностей
Типизация	Многократное повторение одинаковых решений
Преемственность	Повторение в новом проекте решений, заимствованных из ранее выполненных проектов
Симплификация	Упрощение решения путем уменьшения числа составляющих его элементов и их комбинирования
Взаимозаменяемость	Замена одного блочно-модульного решения аналогичным другим с сохранением выходных геометрических и функциональных параметров
Агрегатирование и автоматизация	Усложнение решения для возможности его комплексного использования и быстрой переналадки
Оптимизация	Выбор варианта решения из числа рекомендованных типоразмеров решений

вовсе без них (режим "just in time" – строго во времени), а также применение комплексно автоматизированных систем конструирования и производства, обеспечивающих работу по компьютерной (бесбумажной) технологии. Несмотря на все сложности создание качественных изделий, оптимизированных также и по признаку технологичности, является актуальным для многих отраслей машиностроения, особенно оборонных, изделия которых характеризуются малым объемом выпуска и частой сменяемостью, а эксплуатация – экстремальностью условий.

Фактор морального старения изделия и необходимость постоянного его совершенствования, в том числе и путем усложнения конструкции, роста номенклатуры изделий и повышения их качества, оказывают решающее влияние на научно-технический прогресс в машиностроении. С этим же связана необходимость технологического совершенствования и приспособления конструкции изделия к условиям промышленного производства при постоянном совершенствовании самих условий производства.

Актуальность этой задачи усиливается в новых условиях рыночных отношений, когда создаваемое изделие должно легко вписываться в систему гибкого мелкосерийного производства малыми технологическими партиями различных изделий и их модификаций. При этом должно быть обеспечено гарантированное высокое качество и индивидуальность требований маркетинга выпускаемой продукции, ресурсосбережение дефицитных и стратегических материалов, энергии, времени и финансовых затрат, а также безопасность, экологическая чистота и комфортность условий производства, престижность профессии и высокий интеллектуальный уровень работающих.

За время своего развития понятие ТКИ претерпело существенную эволюцию, основными чертами которой были следующие:

1) переход от простого признака качества продукции к комплексной характеристике ряда признаков ее качества;

2) переход от одноэтапной модели обеспечения и проявления ТКИ в процессе производства к двухэтапной модели в процессе производства и эксплуатации изделия, включая и ремонт;

3) переход от целевой функции ТКИ на минимизацию комплекса затрат к целевой

функции на их оптимизацию на всех стадиях разработки КД при обработке изделия на технологичность, а также на производственном и эксплуатационном этапах жизненного цикла изделия;

4) переход от непосредственной оценки ТКИ к относительной оценке путем сравнения с принятой за базовую однотипной конструкцией изделия того же назначения;

5) переход от общей оценки ТКИ к специальной оценке, учитывающей тип заданной производственной системы (ПС). Понятие ПС включает в себя условия работы машиностроительного завода, характеризующиеся типом производства, объемом выпуска и годовыми программами, а также организационно-техническими принципами и формами осуществления производства (специализация, кооперирование, механизация, групповая, поточная и др.);

6) переход от использования одних только технологических возможностей совершенствования ТКИ к управляемому использованию рациональных сочетаний конструкторско-технологических решений (КТР) с инженерно-экономическими и организационно-техническими принципами обеспечения качества продукции;

7) переход от использования одних только резервов конструирования при создании рабочей документации на изделие, отрабатываемое на технологичность, к использованию методов и приемов повышения технологичности средств технологического оснащения (СТО) на этапе технологической подготовки производства (ТПП) к промышленному выпуску продукции.

Современное понятие ТКИ (ГОСТ 14.205–83) трактуется как "совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ".

Методология обеспечения и оценки ТКИ применяется для все более совершенных и сложных технических систем. Помимо оборонных отраслей промышленности она распространилась на автомобилестроение, сельскохозяйственное машиностроение, приборостроение, строительную индустрию и другие отрасли народного хозяйства [6, 9]. Кроме обеспечения производственной и эксплуатационной ТКИ появляется необходимость обеспе-

чения и оценки ремонтной ТКИ, а также учета таких признаков качества изделия, как техническая эстетика и цвет изделия, антропометрические, биомеханические, вибрационные и шумовые особенности его работы, санитарно-гигиенические условия, техника безопасности и охрана окружающей среды [2].

Осуществляется компьютеризация работ по этому научному направлению ТКИ, значительное место стали занимать вопросы анализа ТКИ на персональных ЭВМ в диалоговом режиме, автоматизированной оценки ТКИ в системах САПР, а также задачи отработки изделия на технологичность на основе многокритериальной оптимизации.

Внедряются автоматизированные системы управления (АСУ) технологическими процессами (ТП), производственными процессами (ПП) и технологической подготовкой производства (ТПП) с элементами автоматизированного обеспечения и оценки достигнутого уровня ТКИ.

В стране осуществляется перестройка организационно-экономических принципов построения отношений в сферах конструирования изделий, их производства и эксплуатации и кардинально меняется роль экономических принципов и стимулов, создаются новые основы для организации ресурсосбережений всех видов (материалов, энергии, финансовых средств, времени, людей), повышения качества изделий, в частности надежности, а также безопасности конструкций и протекающих в них процессов при стремлении к соблюдению органического единства био- и техносфер.

Модель ТКИ как признак качества изделия. Модель ТКИ представляет собой сложную многоуровневую иерархическую систему с комплексом горизонтальных и вертикальных связей, изменяющуюся во времени и зависящую от множества случайных факторов.

Во-первых, это конструктивно-технологические, функциональные и технико-экономические характеристики не только конструируемого изделия и его составных частей, но и применяемых средств технологического оснащения, предполагаемых к использованию в процессе производства изделия. Для анализа и обеспечения ТКИ используется комплекс различных методов и приемов (см. табл. 2.2.1), уровни применения которых выполняют роль критериев оптимизации ТКИ.

Во-вторых, многочисленные технологические и технико-экономические характери-

стики применяемых в изделии материалов и технологических процессов формообразования заготовок и деталей и сборки, контроля и испытаний сборочных единиц разной степени сложности: от узлов и агрегатов вплоть до окончательно собранного изделия. Анализом охватываются различные виды ТКИ, такие как свариваемость, обрабатываемость резанием и другие технологические свойства применяемых материалов, взаимозаменяемость и контролепригодность деталей, собираемость и ремонтпригодность сборочных единиц, производительность оборудования, инструментальная доступность и т.п. Возможности и обоснования применения прогрессивных материалов, технологических процессов и СТО также используются в системе управления и анализа ТКИ.

В-третьих, рассматриваемая иерархическая система изменяется во времени, избирательна к каждому этапу жизненного цикла изделия (от НИР и ОКР до текущего ремонта и утилизации), относительно к эталонному прототипу, к научно-техническим возможностям коллектива конструкторов и технологов организации-разработчика. Избирательна она и к уровню накопленного производственного опыта и имеющегося материально-технического обеспечения предприятия-изготовителя, а также к уровню профессионализма коллективов эксплуатационников и ремонтников, при установленных ограничениях на показатели качества изделия и на планируемый тип производства и его организационные формы.

В качестве эталонного прототипа, в сравнении с которым осуществляется оценка ТКИ новой конструкции, принимается изделие-аналог по своему функциональному назначению, изготовляемое на предприятиях отрасли и имеющее близкую структуру и технические характеристики. В случае отсутствия аналога для изделия в целом определяются аналоги для его составных частей. Анализируемая система находится в постоянном изменении: систематически совершенствуются КТР, применяемые материалы, теплосцессы, СТО и ПС. С уровнем освоенности их в изделии и уровнем оснащенности ими производства связана и оценка ТКИ.

В-четвертых, система сложна, поскольку направлена на оптимизацию конструкции изделия сразу по нескольким критериям, которые часто имеют различную физическую природу, размерность, отличаются противоречи-

востью и взаимовлиянием, а часто и взаимоисключают друг друга. Решение подобных задач строится на путях многокритериальной оптимизации (МКО). Система также направлена на то, чтобы анализировать конструкцию изделия совместно с технологией его производства и управлять их экономической эффективностью в процессе создания КД, производства и эксплуатации изделия. Улучшение одного КТР на каком-либо этапе жизненного цикла не должно приводить к ухудшению другого КТР на более позднем этапе. ОТКИ каждой детали проводится в интересах повышения ТКИ последующих сборочных единиц и изделия в целом. Для этого нужна взаимокорректировка КТР в режиме диалога.

Именно такой сложной системой является ОТКИ, которая позволяет получать КТР, наиболее полно удовлетворяющее требованиям качества изделия, включая надежность выполнения своих функций, и требованиям конструкторско-технологического совершенства, оцениваемого показателями производственной и эксплуатационной ТКИ в заданных ограничениях, наложенных особенностями используемой ПС.

Такая иерархически упорядоченная система с комплексом взаимосвязей между критериями оптимизации может быть представлена в виде так называемого "дерева целей", в котором выделяются подсистемы разных уровней по последовательности и важности принимаемых решений.

Подсистемы верхнего уровня сложности имеют приоритет перед подсистемами нижнего уровня, имеющими определенные ограничения, связанные с условиями работы системы на верхнем уровне. Подсистемы одного уровня согласуются общей и частными целями при выборе комплекта технологически возможных вариантов КТР, предпочтительных с позиции того или иного требуемого показателя ТКИ.

Исходная информация по особенностям конструкции, применяемым материалам, СТО, ТП и ПС классифицируется по разным уровням оптимизации:

- уровню комплекта КТР;
- уровню одного КТР;
- уровню одного элемента КТР (например, технологической операции или перехода).

Начальным анализом выявляются важнейшие функциональные параметры изделия, соответствующие его назначению и результативности, а затем вырабатываются принципи-

ально новые конструкторские и технико-экономически оправданные технологические идеи, соответствующие выполнению изделием своих функций. Даже единственному функциональному облику изделия соответствует множество вариантов КТР.

Намечает новые КТР и проводит анализ их технологичности коллектив специалистов, занятых обработкой изделия на технологичность. Методический аппарат – многокритериальная оптимизация (МКО). Достижение изделием надежности и технологичности как двух важнейших признаков качества изделия связано с внедрением таких КТР, которые уже освоены производством и опробованы в эксплуатации, и только при невозможности достичь цели этим путем ставится вопрос о необходимости разработки и реализации новых КТР. Таким образом, обычно КТР синтезируется из блока частных решений, как уже опробованных, так и новых. Одна из подсистем рассматриваемой системы должна иметь возможность исключения из рассмотрения таких КТР, которые создают технологические проблемы при ОТКИ. Окончательный выбор одного варианта КТР осуществляется лицом, уполномоченным принимать решения. Этому служит методика многовариантного анализа (МВА).

Таким образом, задача ОТКИ сложна и процедура поиска совершенного КТР многоэтапна, трудоемка, дорога и требует коллективных усилий многих исполнителей, а получаемый результат характеризуется субъективностью и большой неопределенностью соответствия выбранного КТР показателю качества изделия и технико-экономическим характеристикам этапов жизненного цикла изделия. Если для одного исследуемого параметра ТКИ найти область его эффективного использования при оптимизации по определенному критерию несложно, то найти такую область, удовлетворяющую сразу нескольким критериям оптимизации этого параметра, весьма затруднительно.

Использование обобщенного целевого фактора ОТКИ упрощает задачу поиска оптимума, но усложняет задачу описания сложных взаимосвязей показателей и нахождения самого этого обобщенного фактора. Поэтому использование единого комплексного критерия оптимизации КТР не получило широкого распространения. Упрощенные же модели могут отражать анализируемый процесс неточно количественно и качественно неадекватно реальным условиям ОТКИ. При этом оценка

ОТКИ будет более точной, если разница в уровне технических характеристик сравниваемых вариантов КТР незначительна и находится в пределах заданных значений показателей качества изделия.

Методология ОТКИ в своем развитии прошла несколько этапов.

1. До конца 60-х гг. она основывалась на концепции уникальности конструкторского облика изделия и последующей разработки его технологического облика. В работе участвовали группы экспертов по отдельным конструкторско-технологическим направлениям, а целью ОТКИ становилось достижение наименьшей себестоимости изделия. Главным образом это решалось рациональным выбором материалов и заготовок. Количественная экспертная оценка показателей ТКИ велась на ограниченном числе вариантов с помощью простых вычислительных средств и имела низкую степень достоверности. Окончательная оценка делалась лицом, принимающим решение (ЛПР).

2. До конца 70-х гг. основной была методология, целью которой было максимально возможное снижение массы и себестоимости изделия. С помощью ЭВМ и экономико-математических методов оценивались и расчетно-графически оптимизировались основные показатели ТКИ и велась статистическая обработка данных. Выбор рационального КТР делался ЛПР. Расчетные показатели ТКИ лишь частично использовались для обеспечения ТКИ.

3. В последующем была создана и в настоящее время применяется методология комплексной автоматизированной ОТКИ на всех этапах жизненного цикла изделия при создании единого КТР методами МКО и МВА. Количественная оценка ТКИ используется для обеспечения ОТКИ и нахождения банка оптимизированных вариантов КТР, рациональный из которых будет выбран ЛПР, используя широкую базу данных, представленных ЭВМ. Благодаря этой методологии созданы условия для полэлементной (блочной-модульной) ОТКИ на основе банка оптимальных КТР, а также условия для комплексной отработки ТП, СТО в технологических линиях и ПС внутризаводского, межзаводского и межотраслевого уровней специализации. АСУ ТКИ позволяет вести планирование, управление, контроль работ по ОТКИ, а также прогнозировать получаемые результаты.

Этап комплексно-автоматизированной ОТКИ явился закономерным развитием науки и техники.

Во-первых, расширились возможности применения в промышленности информационной технологии, усовершенствовался парк ЭВМ и периферийных устройств и отмечены успехи в программно-математическом обеспечении при решении сложных технических задач. Созданы комплексы стандартов единых систем информационной технологии, автоматизированных систем управления и программной документации.

Во-вторых, научно-методологически сформировалось научное направление ОТКИ и оценки комплекса показателей ТКИ, оценка ТКИ приняла масштабный характер в промышленности и получил богатый опыт ОТКИ в машино- и приборостроении. Компьютеризацией процесса ОТКИ достигнуто соответствие между постоянно происходящими достижениями научно-технического прогресса в конструировании и технологии производства изделий и организационно-экономическими характеристиками современных автоматизированных ПС.

В-третьих, отработка на технологичность технических сложных, высоконадежных и дорогостоящих изделий не может быть проведена иначе, как в автоматизированном режиме. Такая ОТКИ должна быть комплексной, учитывать ограниченность ресурсов, а к началу серийного производства изделия должен быть готов такой ее вариант, который был бы экономически целесообразным и наиболее адаптированным к особенностям предполагаемой ПС. Кроме того, оптимальному КТР изделия должны соответствовать установленные, а желательно и улучшенные, функциональные характеристики, в частности повышенная надежность изделия. Прибыль от реализации такой продукции или экономическая эффективность от эксплуатации изделия либо то и другое одновременно должны быть существенно больше, чем суммарные затраты на ОТКИ на всех этапах жизненного цикла изделия.

Автоматизированная система управления процессом ОТКИ (АСУ ТКИ) предназначена для конструкций авиационного двигателестроения. Преимущества этой системы перед процессом ОТКИ по традиционной методике приведены ниже.

1. Возможность анализировать все множество возможных вариантов КТР, число которых достигает 10^{10} вариантов, причем на сложных системах, составленных из десятков вариантов анализируемых факторов.

2. Возможность проводить многокритериальную оптимизацию ТКИ по группе показателей, составляющих воображаемый комплект критериев такой оптимизации. Получаемое при этом множество оптимизированных вариантов КТР существенно меньше множества возможных вариантов КТР изделия.

3. Возможность принимать окончательное решение о выборе предпочтительного варианта КТР из множества найденных оптимизированных на ЭВМ вариантов КТР уполномоченным для этого лицом (ЛПР) на основании выводимой из ЭВМ информации о качестве и функциональных свойствах конструкции изделия, о технологических возможностях ее изготовления и особенностях эксплуатации, а также о применяемых СТО и характеристиках ПС.

4. Возможность проводить диалоговое общение оператора с ЭВМ на всех этапах ОТКИ, в частности, после нахождения предпочтительного варианта КТР с целью подробной проработки этого КТР, оценки уровня его унификации, корректировки проводимой в отрасли технической политики по данному изделию, решения вопросов межотраслевого кооперирования, технически целесообразного и экономически обоснованного планирования работ по ТПП, разработке ТП и управляющих программ для станков с ЧПУ и других работ.

5. Возможность сократить сроки ОТКИ в целом и возможность оптимизировать сроки проведения ее отдельных этапов путем совмещения работ, проводимых на разных этапах.

6. Исключение элементов субъективизма и конъюнктуры в процессе ОТКИ при условии, что формализованные в его математической модели характеристики и их взаимосвязи адекватно описывают реальности, сложившиеся на основании собственного опыта исполнителя и опыта, полученного на передовых предприятиях отрасли. Математическая модель, отражающая процесс ОТКИ, представляет собой систему уравнений существования модели совокупности и составляющих ее работ с той или иной степенью глубины и комплексности анализа исследуемых факторов, состав которых определяется назначением конструкции, показателями качества и условиями производства и эксплуатации изделия.

Среди проблемных вопросов современного состояния научного направления ТКИ можно выделить два:

– построение математических моделей процесса ОТКИ для изделий заданного уровня качества;

– создание инженерных методик МКО показателей ТКИ и их количественной оценки.

Многие из разработанных научно-теоретических основ обеспечения высокого уровня и стабильности качества выпускаемой продукции методологически связаны с научными основами обеспечения ТКИ и могут быть успешно использованы, в частности, при анализе технического уровня КТР [1, 12, 24].

Наряду с ОТКИ получает распространение другое взаимосвязанное с ним направление работ по совершенствованию конструкции изделий и их технико-экономическому анализу. Это направление известно под названием функционально-стоимостного анализа (ФСА).

В отличие от ОТКИ, в процессе которой предусмотрено решение многих конструкторских и технологических задач, целью ФСА является оптимизация соотношения между полезным эффектом изделия и совокупными затратами ресурсов на его изготовление, т.е. сопоставление потребительской стоимости изделия с его производственной себестоимостью. Этот анализ системно использует набор приемов и процедур, с помощью которых находится техническое решение конструкции изделия, использующее полезные функции изделия, изготовляемого с минимальными затратами при сохранении или улучшении его качества [18, 10]. Предлагается использовать ФСА для принятия организационно-технических решений по результатам оценки затрат на выполнение изделием своих функций [28]. Таким образом, ФСА как метод инженерно-экономической деятельности предшествует работам по ОТКИ, дополняет их, но никак не заменяет.

Качественная оценка ТКИ. Методические рекомендации и сложившаяся практика ОТКИ предусматривают, что оценка ТКИ может быть двух видов: качественная и количественная, причем первая предшествует второй и определяет целесообразность количественной оценки, характер и число наиболее существенных признаков изделия, подлежащих количественной оценке ТКИ. Качественная оценка ТКИ направлена на формирование предварительного суждения о ТКИ и исключе-

ные из рассмотрения заведомо неприемлемых вариантов. Она проводится в режиме "да-нет" группой экспертов по нескольким направлениям анализа ТКИ.

Во-первых, оцениваются возможность внедрения прогрессивных достижений в областях конструирования, производства, эксплуатации и научной организации труда, необходимость исключения из рассмотрения устаревших решений, не отвечающих требованиям времени. Некоторые из прогрессивных тенденций отражены в табл. 2.2.1. Для улучшения ТКИ полезно как внедрение указанных методов и приемов вновь, так и расширение областей их использования. Сферы применения и эффективности различных методов и приемов индивидуальны. Если механизация и автоматизация являются универсальным направлением совершенствования работ конструктора и технолога (соответственно автоматизированные рабочие места АРМ-К и АРМ-Т), технологических и производственных процессов (соответственно автоматизированные системы управления АСУ ТП и АСУ ПП), применяемого оборудования и приспособлений (станки с ЧПУ, обрабатывающие центры, гибкие производственные системы, робототехнические комплексы) и целых систем контроля и испытаний, сбора и обработки информации и управления работой различных комплексов, то другие направления влияют на ТКИ более специфично. Существенное место при обеспечении ТКИ отводится унификации, являющейся основным и наиболее применяемым методом стандартизации и состоящей в приведении изделий, СТО и технологических процессов к единообразию и упорядочению их блочно-модульной структуры на основе установления рационального числа их разновидностей.

Однако при этом следует иметь в виду, что унификация может привести к снижению качества изделия или к ограничению его некоторых функциональных характеристик, если используются устаревшие КТР. Ограниченные задачи совершенствования ТКИ могут быть решены при использовании методики группирования как при обработке деталей (групповые методы обработки), так и при изменении формы организации труда. Прогрессивными направлениями, по которым может проводиться качественная оценка ТКИ, являются, например, оценка применимости в конструкциях композиционных материалов, использование физико-химических методов обработки, уни-

версально-сборных и сборно-разборных приспособлений, комбинированных лезвийных инструментов из быстрорежущих сталей и твердых сплавов, не содержащих (или мало содержащих) такой стратегически важный металл, как вольфрам и др. В принципе качественная оценка ТКИ может быть проведена по любому интересующему конструктора и технолога показателю ТКИ.

Во-вторых, учитываются существующие ограничения, накладываемые конструкторскими и технологическими возможностями и технико-экономической целесообразностью применения тех или иных видов материалов, технологических процессов и СТО.

Такой учет проводится анализом существующих возможностей и опыта промышленного применения соответствующего технологического процесса (литье, пластическое деформирование, механическая обработка, сварка, пайка, склеивание и другие процессы) и соответствующие направления работ (обработка на станках с ЧПУ, работа с полимерными материалами, неразрушающий контроль качества, нанесение покрытий, термообработка, порошковая металлургия, монтажные работы и др.).

В справочных материалах по различным технологическим процессам даются рекомендации по их использованию, приводятся таблицы, графики и иллюстрации, отражающие достигаемые качественные результаты (точность размеров, шероховатость поверхностей, характер и число встречающихся дефектов, прочность, герметичность и др.) и указывающие на возможные количественные ограничения получаемого изделия (масса и толщина ребер, габариты заготовок, радиусы кривизны, уклоны, степень деформирования при штамповке, характер разделки кромок при сварке и др.). На основании этих рекомендаций делается качественный вывод о ТКИ по видам проводимых с изделием работ: обрабатываемости, свариваемости, паяемости, термообрабатываемости, собираемости, регулируемости, инструментальной доступности, контролепригодности, ремонтпригодности и т.д.

В-третьих, учитываются ограничения, накладываемые на изделие на всех этапах его жизненного цикла критериями безопасности производства и эксплуатации, санитарно-гигиенических условий труда, защищенности от шума, вибраций, электромагнитных излучений, а также требованиями антропометрии и биомеханики. Применяемые технологические

процессы оцениваются на энергоемкость, безотходность и экологическую чистоту.

В-четвертых, делаются предварительные заключения на основании опыта собственных предшествующих работ и информации из справочной литературы о сопоставимых соотношениях и тенденциях изменения стоимости, трудоемкости и материалоемкости у вариантов предполагаемых КТР, а также заключения по особенностям применяемых в них материалов, СТО и ТП.

Качественная оценка ТКИ позволяет установить характер рациональной взаимосвязи между предполагаемыми техническими решениями и потенциальными возможностями производства: КТР, закладываемые в изделия, в целом отражают реальности имеющегося научно-технического потенциала у предприятий-исполнителей и возможность создания нового изделия с определенным уровнем выходных функциональных параметров, хотя очевидно желание конструкторов и технологов использовать наиболее прогрессивные из КТР. Вместе с тем имеющиеся в рассматриваемое время на определенном заводе ограничения технического, организационного и экономического характера не позволяют это сделать в полной мере. Таким образом, имеет место относительный (по времени и месту) характер качественной оценки ТКИ. И, наконец, такая оценка носит сравнительный характер и ведется относительно реального эталона – базового изделия-предшественника. При значительном разрыве в сложности и функциональных параметрах нового изделия и изделия-аналога повышается потребность в применении более радикальных КТР, включая новые СТО и технологические процессы. Это затрудняет и делает менее точной качественную оценку ТКИ.

Метод, применяемый для такой оценки, получил название инженерно-визуального и основан на анализе парных категорий системобразующих признаков, таких, как просто-сложно, быстро-медленно, больше-меньше, хорошо-плохо, допустимо-недопустимо и др. Относительный характер качественного сравнительного анализа ТКИ для условий производства определенного типа позволяет проводить эту оценку лишь как тенденцию: "технологично-нетехнологично" с промежуточными оценками типа "более-менее", "хорошо-плохо", "высоко-низко" и т.п. Такой качественный анализ ТКИ достаточно просто может быть осуществлен по каждому виду технологично-

сти, отражающему характер объектов оценки (заготовки, детали, сборочные единицы), виды применяемых технологических процессов (литье, горячая и холодная штамповка, сварка, склеивание и др.), применяемые материалы, качество получаемых результатов и другие направления анализа ТКИ. Свод правил, с соблюдением которых связывается обеспечение ТКИ, и графических примеров качественной оценки ТКИ и составляют суть инженерно-визуального метода, который интенсивно развивался в начальный период становления научного направления ТКИ и сейчас занимает определенное место в справочно-технической литературе по этому вопросу.

При всей простоте оценки ТКИ по каждому из таких правил дать обобщенную качественную оценку ТКИ детали, полученной каким-либо одним методом, может лишь опытный инженер, а сделать это для более сложного КТР и ему бывает затруднительно.

Современный период развития научного направления ТКИ связан с его интенсивной компьютеризацией и вследствие этого с изменением самой функции качественной оценки ТКИ. В докомпьютерный период качественная оценка ТКИ позволяла снизить объем вычислительных работ при нахождении оптимума функции среди ограниченного количества вариантов, взятых из предполагаемого интервала их значений, выявленного при качественной оценке. С применением компьютеров проблема счета перестала лимитировать задачу, отпала надобность в качественной предварительной оценке ТКИ и стало возможным осуществлять качественно-количественный поиск экстремума какой-либо функции в широких областях и с любым шагом поиска при наложении ряда требуемых ограничений.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированные рабочие места конструктора и технолога (АРМ-К и АРМ-Т), а также АСУ ТКИ создали возможность вести технологические ориентированные проектирование и конструирование сборочных единиц и их деталей, т.е. получать отработанные на ТКИ детали и сборочные единицы, являющиеся уже КТР. В технологическом блоке таких интегрированных САПР содержится библиотека вариантов КТР, комплектов СТО, блоков типовых технологических процессов, пакетов прикладных программ на основе математических моделей для решения логических задач системного и комплексного анализа

оптимальных вариантов КТР, найденных по Парето в пространстве используемых критериев по результатам расчетов математических моделей, описывающих зависимость параметров качества изделия от технологических и технико-экономических показателей КТР.

Технологическая база данных содержит в себе обширные нормативно-справочные материалы по всей совокупности характеристик, с учетом которых решается задача обеспечения ТКИ, прикладные программы управления этой базой данных, в том числе используемые для проектирования СТО и технологических процессов, создания управляющих программ для работы технологического оборудования, редактирования и выпуска технологической документации и управления технологической подготовкой производства (АСУ ТПП) и самим производством (АСУ ПП).

Использование в конструкторской документации КТР, предварительно отработанных на технологичность, а часто уже прошедших этапы серийного производства и эксплуатации в составе другого изделия, позволяет повысить надежность и другие качественные характеристики изделия и упростить этапы работ по ОТКИ и технологической подготовке производства. Такие КТР, как правило, обладают конструкторско-технологической новизной и перспективны, поскольку получили свое развитие еще на этапах НИР и ОКР. Их применение, в свою очередь, может стимулировать освоение новых материалов, технологических процессов, СТО и новых возможностей конструирования изделий.

Количественная оценка ТКИ. Количественной характеристикой ТКИ является ее показатель, а совокупностью частных и комплексных показателей ТКИ оценивается каждое в отдельности (независимое) или суммарно (комплексное) свойство ТКИ, аналогично тому, как подобная методология положена в основу оценки качества продукции.

Количественная оценка ТКИ служит мерой качества проведения самого процесса ОТКИ путем оценки уровня технологичности как показателя, выражаемого отношением значения показателя технологичности данного изделия к значению соответствующего базового, т.е. принятого за исходный, показателя ТКИ изделия-аналога. Методическая проработка вопросов количественной оценки ТКИ (ранжирование критериев по степени важности, отбор минимального, но достаточного числа частных и комплексных показателей,

выбор методики расчета показателей и учета их влияния на оценку ТКИ) особенно важна, хотя и трудна, на возможно более ранней стадии разработки конструкторской документации на изделие, поскольку создает возможность применения радикально новых КТР. Степень внедрения таких КТР оказывает влияние на технический уровень разрабатываемого изделия, что находит отражение в улучшении удельных показателей ТКИ, выражаемых отношением оцениваемого показателя ТКИ к одной из технических характеристик изделия, например массы, или к одному из выходных параметров изделия, например мощности.

Количественную оценку ТКИ проводят в целях:

- контроля качественной оценки ТКИ, сравнительной оценки возможных вариантов КТР и выбора оптимального из них в процессе ОТКИ, для накопления статистических данных, используемых при обеспечении ТКИ на этапах ТПП, серийного производства и эксплуатации изделия и при определении базовых показателей ТКИ для изделий-прототипов, которые в последующем будут использоваться как базовые конструкции;

- определения планируемого и достигнутого уровня ТКИ, построения математических моделей, используемых для описания, планирования и управления работами по ОТКИ и составления прогноза совершенствования данного изделия.

В практике ОТКИ сложилась система показателей ТКИ и области их применения на разных стадиях разработки конструкторской документации. Эта система включает следующие показатели:

- базовые (исходные) показатели ТКИ для представителя группы однотипных изделий, обладающих общими конструктивными признаками;

- показатели ТКИ, достигнутые при производстве и эксплуатации изделия;

- показатели уровня ТКИ, заложенные при его конструировании, реализованные в ТПП, производстве и поддерживаемые во время эксплуатации изделия.

Система показателей ТКИ сходна с системой показателей качества продукции, является ее составной частью наряду с другими системами показателей по функциональному назначению изделия, его надежности, эргономичности и другим признакам качества. Показатели ТКИ классифицируются следующим образом:

- по области применения – на производственные и эксплуатационные;
- по области анализа – на технические и технико-экономические;
- по значимости – на основные и дополнительные;
- по способу выражения – на абсолютные и относительные;
- по количеству характеризующих признаков – на частные и комплексные;
- по системе оценки – на базовые, для обрабатываемой конструкции, для оценки уровня ТКИ.

Примеры этих показателей приведены в табл. 2.2.2. Среди технико-экономических критериев сравнительной количественной оценки ТКИ стоимостной критерий является наиболее общим и обычно используемым при окончательном выборе варианта КТР, так как комплексно отражает затраты на материал и труд, затраченный на изготовление изделия.

Для оценки ТКИ по стоимостному критерию рекомендовано использовать технологическую себестоимость как часть полной себестоимости изделия, определяемую суммой

затрат на осуществление технологических процессов изготовления изделия. Основными слагаемыми технологической себестоимости изделия являются следующие:

- затраты на материалы, использованные в изделии;
- основная заработная плата производственных рабочих и отчисления с нее;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;
- возмещение износа инструмента и приспособлений целевого назначения.

Поэтому формула технологической себестоимости изделия представляет собой линейную четырехфакторную функцию этих составляющих:

$$C_T = a_1 Z_M + a_2 T + a_3 Z_{об} + a_4 Z_{ин},$$

где C_T – технологическая себестоимость; Z_M , $Z_{об}$, $Z_{ин}$ – затраты соответственно на материалы, оборудование и инструмент; T – трудоемкость изготовления изделия; a_1, a_2, a_3, a_4 – коэффициенты функции регрессии.

2.2.2. Примеры используемых показателей ТКИ

Классификационная категория показателей	Наименование показателя	Обозначение
Основные:	технические	Масса изделия $M_{и}$
	Число деталей в изделии	$n_{ди}$
	Число сборочных единиц в изделии	$N_{сб и}$
	технико-экономические	Относительная трудоемкость заготовительных работ $T_{озр}$
	Удельная себестоимость подготовки изделия к функционированию $C_{пф}$	
Дополнительные:	Уровень ТКИ по технологической себестоимости $K_{ус}$	
	технические	Коэффициент унификации изделия K_y
	Коэффициент применения типовых технологических процессов $K_{тп}$	
	Коэффициент сборности $K_{сб}$	
	технико-экономические	Удельная материалоемкость изделия $K_{ум}$
	Относительная трудоемкость контрольно-испытательных работ $t_{оки}$	
	Удельная себестоимость единицы массы изделия $C_{ми}$	

По минимуму технологической себестоимости можно оценить варианты предполагаемых КТР и принять лучший из них при условии сохранения функциональных свойств и технических характеристик изделия. Однако, чтобы избежать ошибок при принятии такого решения, следует дополнительно анализировать отдельные показатели ТКИ, в частности, трудоемкость изготовления изделия и коэффициент использования материала как наиболее сильно влияющие на формирование показателя технологической себестоимости. Комплексная оценка ТКИ по этим трем показателям позволяет более обоснованно принять решение о выборе предпочтительного КТР.

Более полная оптимизация принимаемого КТР может быть осуществлена по критерию минимума полных приведенных затрат на создаваемое изделие в течение некоторого интервала времени:

$$Q = \sum_{i=1}^n C_{\Pi} + K_{рф} \Phi N_n \rightarrow \min ,$$

где n – длительность оцениваемого периода, лет; C_{Π} – полная себестоимость изделия на n -м году освоения; $K_{рф}$ – коэффициент рентабельности производства продукции (норма себестоимости, отнесенная к стоимости производственных фондов и равная обычно 12... 15 %); Φ – фондоемкость продукции; N_n – годовая программа выпуска продукции в n -м году.

Критерий минимума полных приведенных затрат используют при принятии наиболее принципиальных решений, например, конструктивной схемы изделия, его габаритов, числа ступеней и др.

Одним из важнейших критериев количественной оценки ТКИ аэрокосмической техники является показатель трудоемкости изготовления изделия, отражающий суммарные затраты труда на выполнение технологических процессов его изготовления. На формирование показателя трудоемкости изделия влияют три группы факторов:

1) факторы качества изделия (точностные, прочностные, габаритномассовые и др.);

2) технологические факторы (структура применяемых материалов и заготовок, методов формообразования и сборки, контроля и испытаний, структура парка СТО, уровень их автоматизации, степень морального и физического износа и уровень принципиальной новизны и

соответствия требованиям технического прогресса и др.);

3) организационно-технические факторы (объем выпуска продукции, тип производства, структура построения производственного процесса, уровень специализации и кооперации, уровень совершенства применяемой формы оплаты труда и динамика ее изменения во времени, возможность экономии средств и времени и др.).

Математическая модель прогнозирования трудоемкости изготовления изделия должна связывать все эти факторы между собой и во времени регрессионной зависимостью

$$T_{ji} = f(K_1, K_2, \dots, K_n; \theta_1, \theta_2, \theta_m; O_1, O_2, \dots, O_l; t),$$

где j – виды выполняемых работ; i – группы деталей или сборочных единиц; K – конструктивные параметры; θ – технологические параметры; O – организационно-технические параметры; t – время; m, n, l – число оцениваемых критериев.

Практически учесть все действующие факторы невозможно. Поэтому номенклатура факторов, участвующих в прогнозировании трудоемкости, устанавливается с учетом конструктивно-технологических особенностей конкретного изделия, значимости их влияния на ТКИ и возможности рассчитать и оценить динамику изменения фактора во времени.

Однако факторы, выведенные по той или иной причине из участия в оценке трудоемкости изделия, могут и должны быть учтены. Это можно сделать рациональным выбором базовой детали или сборочной единицы как эталонов для оценки ТКИ и учетом особенностей производства, связанных, например, с типом производства, уровнем освоенности производства, влиянием технического прогресса в машиностроении и др.

С увеличением объема выпуска продукции трудоемкость снижается в соответствии с законом Райта, в котором устанавливается, что при удвоении объема производства трудоемкость снижается на 10 %. На практике это увеличение составляет большую величину, оценка которой осуществляется статистической обработкой информации для изделий-аналогов и известных характеристик ПС.

Изменения трудоемкости можно учесть с помощью коэффициента серийности

$$K_c = \left(\frac{N_{\text{баз}}}{N} \right) \beta,$$

где $N_{\text{баз}}$ – базовая годовая программа; N – прогнозируемая годовая программа; β – эмпирический коэффициент.

При соблюдении закона Райта коэффициент $\beta = 0,155$, а на заводах оборонного машиностроения с их мелкосерийным типом производства он составляет $0,15 \dots 0,25$.

Изменение трудоемкости, происходящее по мере освоения производства, можно учесть с помощью коэффициента обучения:

$$K_{\text{об}} = \left(\frac{t - t_1 + 1}{t_n - t_1 + 1} \right) - r_0 + r_1 t,$$

где t_1 – первый год серийного производства; t – текущий год серийного производства; t_n – год, на который планируется достижение директивной трудоемкости; r_0, r_1 – коэффициенты видов работ.

Изменение трудоемкости под влиянием технического прогресса можно учесть с помощью коэффициента прогрессивности:

$$K_{\text{пр}} = \left(1 + \frac{a}{100} \right) t_0 - t_6,$$

где t_0 – год, на который планируется определение трудоемкости для отрабатываемого изделия; t_6 – базовый год, в котором рассчитана директивная трудоемкость; a – процент повышения производительности труда в год за счет технического прогресса.

Реально на заводах оборонного машиностроения снижения трудоемкости от ускорения технического прогресса составляет около $3 \dots 4$ % в год.

Значения директивной трудоемкости выполнения определенных работ с деталями и сборочными единицами могут быть получены анализом их базовых прототипов.

В качестве базового изделия (или базового показателя ТКИ) может быть принят как вариант изделия-аналога, так и один из вариантов изделия, проходящего ОТКИ (или соответственно их базового показателя ТКИ). Показатель трудоемкости при количественной оценке ТКИ может быть использован разносторонне. Кроме полной трудоемкости изделия используют также показатели структурной трудоемкости (по видам работ, применяемым

при изготовлении и эксплуатации изделия, например, трудоемкость механической обработки, трудоемкость текущего ремонта), относительной трудоемкости (отношение трудоемкости по одному из видов работ к полной трудоемкости изделия) и удельной трудоемкости (отношение полной трудоемкости изделия к одной из значимых выходных функциональных характеристик изделия). Прогнозирование отдельных показателей трудоемкости основывается на установленных практикой эмпирических закономерностях.

Трудоемкость деталей, полученных механической обработкой специальных заготовок, является функцией средней массы группы этих деталей, т.е. является функцией регрессии от коэффициента использования материала:

$$K_{\text{имБГ}} = \frac{m_{\text{дБГ}}}{m_{\text{зБГ}}},$$

где $m_{\text{зБГ}}$ – масса заготовок базовой группы; $m_{\text{дБГ}}$ – масса деталей базовой группы.

Подобная же оценка через трудоемкость, приходящуюся на единицу массы конструкции базового изделия, может быть распространена и на сборку сборочных единиц, обладающих большой степенью преемственности от базовых представителей.

Директивная трудоемкость конструкций, при производстве которых используются сварочные работы, процессы нанесения покрытий и другие ответственные и сложные работы, может быть задана в виде функции регрессии от характеристических размеров изделия, как-то: длина, диаметр, площадь поверхности, объем материала и др.

Критерий оценки ТКИ через трудоемкость изготовления наиболее эффективен в случае применения простых частных КТР, направленных на совершенствование одного элемента или нескольких, но с четко прослеживаемыми и просчитываемыми взаимосвязями без влияния на элементы более высокого уровня сложности в конструкции изделия и на более поздних этапах жизненного цикла изделия.

В случае внедрения сложных КТР учесть возможное их влияние на другие смежные и расположенные на более высоком иерархическом уровне взаимосвязанные элементы сложной системы да еще на более поздних этапах жизненного цикла проблематично или по крайней мере сложно, что делает инструмент применения критерия трудоемкости неточным и даже неопределенным.

Критерий материалоемкости при количественной оценке ТКИ также широко используется, особенно для конструкций, снижение массы которых является приоритетным требованием среди других требований к оптимальному КТР. Кроме показателя массы изделия и его составных частей используется показатель массы деталей, полученных, например, с использованием прогрессивных материалов (например, композиционных) или совершенных методов их получения (например, точного литья).

Широко распространен такой показатель ТКИ, как коэффициент использования материала ($K_{им}$), представляющий собой отношение массы детали (или сборочной единицы) к массе исходной заготовки (или сумме норм расхода материалов при изготовлении сборочной единицы). Показатель $K_{им}$ используется при ОТКИ на этапах ОКР и серийного производства. Учет его ведется с позиций цены, дефицитности и стратегичности материала. Использование высокопрочных материалов в ответственных и высоконагруженных конструкциях позволяет снизить массу изделия и расход материала на единицу продукции. Однако стоимость таких материалов высока и пропорциональна удельной прочности материала.

Критерий энергоемкости планируется и учитывается подобно критерию материалоемкости. Обращается внимание на проблемы экологичности использования различных источников энергии.

Время может быть использовано как количественный критерий ТКИ, если этот фактор оказался лимитирующим в данной обстановке. Этот критерий может выступить в качестве ограничивающего фактора при выборе стратегии обеспечения ТКИ, например, для изделий оборонного назначения.

Время реализации КТР зависит от многих факторов, в частности от глубины заложенных в нем новаций, от научно-промышленного потенциала организаций-исполнителей, объема выделенных на проведение работ ресурсов и др.

Фактор новизны, как конструкторской, так и технологической, наиболее значим на этапах НИР, ОКР и в малой степени или совсем не применяется на этапах серийного производства и эксплуатации. В факторе новизны заложено противоречие с фактором минимума себестоимости, а вот с другими факторами такого явного противоречия нет. Фактор уровня научно-промышленного потенциала орга-

низаций, занятых конструированием, производством и эксплуатацией изделий проявляется как при отработке, так и при обеспечении ТКИ. Успех работ связан с уровнем квалификации научных и инженерных кадров, характером материально-технической базы НИИ, КБ и завода-изготовителя, участвующих в последующем серийном производстве отработываемого изделия.

Другие критерии для количественной оценки ТКИ не являются определяющими, и их использование носит вспомогательный характер (показатели унификации, нормализации, преемственности и др.). Если же принять эти показатели за новые, то может возникнуть ошибка при выборе целесообразного КТР.

Известно и применяется свыше 100 показателей ТКИ. Номенклатуру показателей ТКИ выбирают в зависимости от вида изделия, специфики и сложности его конструкции, типа производства и объема выпуска продукции, а также стадии разработки конструкторской документации. Выработанная номенклатура показателей ТКИ может изменяться в зависимости от изменения объема информации в процессе ОТКИ. Окончательно номенклатура комплекса используемых показателей ТКИ обоснованно устанавливается в соответствии с отраслевыми стандартами и должна наиболее полно отражать особенности применяемого КТР. Число используемых показателей должно быть минимальным, но достаточным для оценки ТКИ. Базовые показатели ТКИ выбираются и рассчитываются на стадии разработки технического задания на конструируемую деталь или сборочную единицу. Именно по базовым показателям во всей их номенклатуре осуществляется процесс ОТКИ, а затем и процессы обеспечения ТКИ в ТПП, производстве и эксплуатации изделия. При этом взаимосвязанные детали и сборочные единицы, являющиеся составными частями более сложных сборочных единиц и влияющие на формирование выходных функциональных параметров этих изделий, оцениваются не только по собственным базовым показателям, но и по базовым показателям сборочной единицы более высокого уровня. Для самостоятельных деталей и составных частей сборочной единицы кроме обязательной оценки по собственным базовым показателям допускается использовать показатели ТКИ, не включенные в состав базовых показателей. Номенклатуру базовых и дополнительных показателей выбирают не только с позиций их значимости для полноты оценки

ТКИ, но и с учетом возможностей имеющихся методик расчета и объема ранее полученных расчетных и экспериментальных данных.

Расчет показателей ТКИ проводится по отраслевым методикам, разработанным на основе рекомендаций, сформулированных Госстандартом [31]. Полученные оптимальные номинальные значения и их предельные отклонения для базовых показателей указываются на стадии разработки технического задания. Точность определения значения показателя ТКИ увеличивается по мере накопления информации о конструкции изделия на последующих стадиях разработки КД.

Для оценки динамики протекания процесса ОТКИ используется показатель уровня ТКИ, представляющий собой отношение текущего значения какого-либо показателя к его базовому значению. Значение уровня ТКИ определяется только для тех показателей, которые используются как базовые при ОТКИ. Определение уровня технологичности деталей и сборочных единиц, для которых в техническом задании установлены базовые показатели ТКИ, является обязательным.

При сравнительной оценке вариантов КТР номенклатура показателей ТКИ и методики их определения должны быть одинаковыми. Количественная оценка ТКИ в числе других критериев используется для оценки качества изделий с помощью интегрального показателя качества, который отражает соотношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции и суммарных затрат на ее создание и эксплуатацию или потребление.

Количественная оценка ТКИ используется и как инструмент управления, причем, не только ОТКИ, но и переоснащением производства, внедрением новых технологических процессов, освоением прогрессивных организационных, безопасных, социально ориентированных, экологических форм производственных отношений. Количественная оценка ТКИ направлена на внедрение экономически целесообразного хозяйствования в промышленности. Частным показателем характеризуется только одно из свойств ТКИ. Действие частного показателя обычно проявляется в пределах одного КТР, не влияет на сборочные единицы более высокого уровня и не проявляется на последующих этапах жизненного цикла изделия, либо эти влияния могут быть оценены и учтены.

Если же показателем ТКИ необходимо охарактеризовать одновременно несколько свойств ТКИ и принимаемые КТР оказывают влияние на другие элементы сложной системы и на более поздних этапах ее развития, то необходимо применять комплексные показатели.

Формула частных показателей может выражаться размерностью анализируемой характеристики, например абсолютным числом сборочных единиц в изделии, либо относительным значением характеристики, например удельной себестоимостью вывода на орбиту искусственного спутника Земли единицы массы полезной нагрузки.

Если удельные показатели формируются относительно важнейших функциональных характеристик изделия и их число невелико, хотя и принципиально важно для оценки качества изделия, то разнообразие абсолютных и тем более относительных показателей может быть очень большим. Их можно создавать относительно применяемых материалов, заготовок, технологических процессов, методов и приемов управления технологичностью.

Комплексный подход к учету одновременного действия многих взаимосвязанных факторов в общем виде выражается показателем ТКИ:

$$K_{\text{компл}} = f(K_1, K_2, \dots, K_n),$$

где K – частные показатели ТКИ.

Решение этой функциональной зависимости может быть осуществлено несколькими методами:

- суммирования частных показателей с учетом коэффициентов их влияния на рассматриваемую характеристику;
- одновременного удовлетворения всех частных показателей при условии их равнозначности;
- суммарного относительного удовлетворения частных показателей при наличии установленных ограничений, например, на выделенные ресурсы для проведения процессов обработки и обеспечения ТКИ.

Одно из простых описаний комплексного показателя имеет вид

$$\begin{aligned} K_{\text{компл}} &= \frac{K_1 K_{12} + K_2 K_{23} + \dots + K_n K_{n2}}{K_{12} + K_{23} + \dots + K_{n2}} = \\ &= \frac{\sum K_i K_{i2}}{\sum K_{i2}}, \end{aligned}$$

где K_i – частный показатель при $i = 1, \dots, n$; K_p – коэффициент экономической эквивалентности i -го частного показателя.

Формирование и определение значения комплексного показателя такой структуры затруднительно даже при использовании ЭВМ. Выбранные частные показатели должны составлять группу тех из них, которые оказывают существенное влияние на ТКИ, а коэффициенты экономической эквивалентности K_p трудно рассчитать и учесть в них разносторонние взаимосвязи факторов, влияющих на оценку ТКИ. Поэтому широкого применения комплексные показатели не получили.

Многокритериальная оценка ТКИ на основе частных показателей может быть проведена с помощью матрицы вариантов расчета показателей, ранжированных по степени влияния среди каждого из анализируемых факторов при установленных ограничениях. Расчет значений показателей ТКИ, как правило, проводится на основании статистических данных для типовых изделий – предшественников разрабатываемой конструкции с экономической целесообразной точностью. Точность определения значения показателя ТКИ с увеличением информации о конструкции по стадиям ее ОТКИ должна увеличиваться.

Пределы значений относительных частных показателей ТКИ должны быть одинаковыми. Обычно они принимаются в пределах $0 < K \leq 1$. При этом более высокому уровню ТКИ должно соответствовать большее значение показателя.

Структура формул расчета показателей должна соответствовать требованиям обеспечения указанных пределов показателя ТКИ.

2.2.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОТРАБОТКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТКИ

Задача автоматизации процессов отработки и обеспечения ТКИ для сложных технических систем решается путем комплексной оценки соответствия конструктивно-технологических, производственных и ремонтно-эксплуатационных характеристик создаваемого изделия требуемым функциональным признакам и имеющимся возможностям производственной системы (ПС). Оценка этого соответствия проводится через установленные заранее показатели ТКИ и факторы ПС.

Программно-математическое обеспечение процесса ТКИ. Применявшиеся ранее известные методы использования ЭВМ для оценки конструктивно-технологических характеристик (КТХ) изделий предусматривали только статистическую обработку данных, выражающих технологические особенности деталей, сборочных единиц и изделия в целом, без автоматизированного конструкторско-технологического решения (КТР).

К началу 80-х гг. подход к оптимизации КТР был обоснован в отечественной научно-технической литературе достаточно хорошо [14, 18]. Однако научные представления о моделировании информационных структур при проектировании сложных технических систем начали создаваться в связи с развитием САПР.

Конструкторская и технологическая реализация изделий машиностроения сопровождается значительной преемственностью. Каждая деталь или сборочная единица изделия обладает специфической для нее совокупностью информационных признаков. При разработке конструктивного и технологического облика изделия конструктор и технолог стремятся обеспечить заданные функциональные требования набором уже освоенных серийным производством конструкторских информационных и материальных структур через комплекс КТХ. Только при невозможности удовлетворения функциональных требований прежними структурами ставится вопрос о необходимости разработки и реализации новых. Таким образом, окончательный конструктивно-технологический облик изделия является результатом синтеза различных КТР, в основе которых лежат структурно связанные блоки информации о конструкции детали или сборочной единицы и о техническом обеспечении их изготовления в условиях производства установленного типа в заданном количестве с требуемыми функциональными параметрами с учетом обеспечения условий эксплуатации и ремонта. КТР выступают в виде комплекса прогрессивных и перспективных конструкторских и технологических локализованных представлений о специфических особенностях детали или сборочной единицы, обладающих определенными заранее заданными функциональными свойствами, эффективное обеспечение которых обусловлено возможностями ПС. КТР в концентрированном виде выражается

показателями производственной технологичности конструкции детали и сборочной единицы изделия с учетом показателей ремонтной и эксплуатационной технологичности. Это понятие формируется путем выявления структурно-логических и моделируемых связей между конструктивными, производственными и эксплуатационными факторами, обладающими внутренней противоречивостью. При автоматизированной ОТКИ важно учитывать ряд обстоятельств.

1. С одной стороны, требуется улучшать функциональные и эксплуатационные характеристики изделий, а с другой – снижать трудовые и материальные затраты на их разработку и серийное производство при сохранении (а желательно, и повышении) надежности. Эту задачу выполнить невозможно без того, чтобы не пожертвовать одним из факторов, что весьма затруднительно, а зачастую и невозможно, используя традиционные методы.

2. Критичность уровней, параметров и факторов; при серийном производстве трудоемкость перспективного изделия не должна превосходить определенной величины (не более определенного процента от трудоемкости изделия-аналога), число марок материалов не должно быть более заданного, коэффициент использования материалов не должно быть менее установленного и т.д.

3. Ограниченность ресурсов, которая является исходной величиной при проведении работ по оценке и обеспечению КТХ изделий.

Анализ соответствия функциональных характеристик большинства изделий свойствам ПС показал, что процесс создания изделий, отвечающих перспективным требованиям, характеризуется следующими основными особенностями:

- непостоянство и быстрая сменяемость задач, решаемых по выпуску изделий с новыми КТХ, что приводит к постоянно изменяющейся структуре ПС;

- повышение технического уровня ПС является объективным выражением научно-технического прогресса, с одной стороны, и как бы ответной реакцией на динамический процесс развития машиностроения – с другой. Новые повышенные требования к изделиям приводят, как правило, ко все возрастающим вложениям в развитие ПС и ее усложнению при жестких ограничениях по ресурсам и времени создания изделий. Этот замкнутый круг

может быть разорван реализацией следующих принципов:

- объекту производства с заданными функциональными характеристиками должно соответствовать оптимальное сочетание КТХ;

- заданному объекту производства должен соответствовать только один предпочтительный вариант ПС;

- с экономической точки зрения оправданными могут быть только те затраты на совершенствование ПС, которые существенно перекрываются достигаемым при этом экономическим эффектом, либо сопровождаются улучшением функциональных характеристик объекта производства, либо тем и другим одновременно.

Рост затрат на повышение технического уровня изделия должен сопоставляться с ростом затрат на совершенствование ПС, а также с затратами на ОТКИ, включая разработки КД, ТПП и опытное производство.

Существенными недостатками работ по оценке и обеспечению КТХ рассматриваемых изделий, как и большинства изделий машино- и приборостроения, являлись:

- экспертная оценка целесообразности тех или иных КТР;

- низкая степень достоверности принимаемых КТР, так как состав и уровень квалификации специалистов-экспертов меняются от изделия к изделию, при этом каждый из технологов-специалистов считает целесообразным использовать только ему удобные нормативно-технические документы и применять привычные КТР;

- отсутствие проработки альтернативных вариантов КТР;

- отсутствие оптимизации основных показателей ТКИ деталей и сборочных единиц изделий (трудоемкости, материалоемкости, технологической себестоимости и др.) совместно с параметрами конструкции (масса, варианты соединения деталей в сборочные единицы и др.), свойствами ПС (цикл производства изделия, объем выпуска и др.), параметрами эксплуатационной ТКИ, ремонтпригодностью, надежностью и требованиями качества обеспечения выходных характеристик изделия. В современной практике оценки и обеспечения КТХ анализом ТКИ решена проблема автоматизированного синтеза предпочтительного КТР отдельных деталей, сборочных единиц и изделия в целом, формирования на основе этого подхода технологического облика изде-

для уже на этапе его эскизного проектирования и обеспечения ТКИ на стадии рабочего проектирования применительно к освоению серийного производству. Разработка и реализации методических и теоретических основ перехода от оценки ТКИ к обеспечению ТКИ с применением многовариантного анализа (МВА) и многокритериальной оптимизации (МКО), позволяющими создать и использовать уже при эскизном проектировании изделия банк оптимальных КТР изделий, является целью совершенствования ОТКИ. Это означает отказ от концепции проектирования изделия как уникальной машины. В этом случае проблема создания конкретного изделия должна решаться при сопоставлении КТР, получаемых в процессе конструирования, с КТР гипотетического изделия того же семейства, обладающего экстремальными значениями основных показателей ТКИ, полученных из базы данных о предпочтительных КТР, созданной МВА и расчетной МКО основных показателей технологичности конструкции. В таких условиях возможно создание конструктивного и технологического облика изделия одновременно. При этом становится более целесообразным переход к модульно-блочному принципу проектирования, отработки конструкции и серийного изготовления на основе банка оптимальных КТР деталей и сборочных единиц.

При реализации модульно-блочного принципа можно:

- проектировать изделие с максимальным использованием модулей и блоков, как единых КТР, конструктивно и технологически отработанных в соответствии со специальными программами их создания и направленных на целевое перспективное применение, что открывает широкие возможности для унификации и стандартизации;

- параллельно с созданием изделия с заданными параметрами под конкретный объект вести работы по получению научно-технического задания, проектируя и отработывая модули и блоки с новыми свойствами и параметрами с проверкой на них новых расчетно-теоретических и конструктивно-технологических принципов;

- иметь размерно-параметрические ряды изученных модулей и блоков, прошедших моделирование применительно к известным условиям их производства и эксплуатации, из которых можно создавать изделия с заданными параметрами и свойствами;

- резко сократить отработки изделия за счет использования в его конструкции доведенных модулей и блоков;

- разрабатывать перечни предпочтительных КТР на основе МВА технологической реализации отдельных модулей и блоков, МКО основных показателей ТКИ модулей и блоков для конкретных условий серийного производства, что позволит существенно, в 1,5...2 раза, снизить трудоемкость и материалоемкость их изготовления;

- разрабатывать типовые перечни специального и специализированного оборудования с обеспечением типовыми ТП изготовления и сборки модулей и блоков, позволяющих производить оснащение серийного производства не единичным оборудованием, а комплексными поточными и автоматизированными линиями, рассчитанными на изготовление определенного размерного ряда модулей или блоков;

- осуществлять специализацию на трех уровнях: внутривозводскую (межцеховую), межвозводскую и межотраслевую;

- ускорять и повышать полноту ТПП путем унификации и стандартизации применяемых СТО;

- более целенаправленно проводить техническую политику в области обновления оборудования, совершенствования структуры его парка и повышения эффективности его использования в зависимости от специализации производства;

- резко повышать серийность изделия путем использования одного и того же модуля или блока в ряде изделий, что позволит максимально механизировать и автоматизировать все операции ТП их изготовления и сборки и тем самым существенно снизить их трудоемкость;

- внедрить в полном объеме групповую технологию;

- специализировать большинство заводов одной отрасли в соответствии с модульно-блочным принципом проектирования изделия на производство изделий определенных габаритов и назначения; при этом появится реальная возможность комплексной автоматизации ряда основных производств серийного завода с переходом в будущем на безлюдную технологию.

В общем виде оптимизация – это процесс нахождения экстремума количественной характеристики проектируемого объекта [25]. Применительно к выбору предпочтительных значений показателей ТКИ она может быть

представлена как многокритериальная задача, которая формулируется следующим образом: найти $\text{opt } \vec{p}(x)$ при $\vec{x} \in X$. Как известно, возможны следующие варианты ее решения: в виде множества оптимальных по Парето решений; в виде части множества всех эффективных решений; на основе скалярного эквивалента векторного критерия оптимальности — комплексного показателя качества.

Математическое решение подобных задач было сформулировано Б.С. Балакшиным [3] и развито в трудах [4, 27, 29]. Метод решения в диалоговом режиме не раскрывает технологические вопросы [17].

Для обоснования и обеспечения КТХ технически сложных изделий был создан программно-информационно-методический комплекс оценки технологичности (ПИМКОТ).

ПИМКОТ — это комплекс программных средств инвариантной диалоговой автоматизированной системы оценки технологичности (АСОТ) конструкции изделий, включающей в себя геометрическое моделирование элементов, проектирование ТП и интегрированную информационную систему (ИИС) с базой данных КТР (БД), системой управления этой базой (СУБД), ведущим диалоговым модулем, блоком внешних программ с пакетом прикладных программ (ППП) для расчета и МКО основных показателей ТКИ, полученных в результате МВА КТР деталей и сборочных единиц, типовых эвристических методов оценки КТХ и взаимосвязанных инструкций, методик и других нормативно-технических документов, определяющих действия конструкторов и технологов с целью оценки и обеспечения КТХ изделий.

КТР составляют информационную основу ИИС. Основная цель, которая достигается в результате реализации ПИМКОТ, — это использование в конструкции изделий оптимальных (наиболее технологичных) КТР уже на этапе эскизного проектирования с целью существенного снижения материалоемкости, трудоемкости и технологической себестоимости их серийного изготовления путем выбора из БД оптимальной структуры заготовок, ТП, оборудования и инструментов.

При этом осуществляется автоматизированный расчет основных показателей ТКИ деталей и сборочных единиц с учетом особенностей их изготовления из заданных материалов и заготовок в соответствии с применяемыми ТП, МВА КТР и выявление вариантов КТР,

предпочтительных с позиции того или иного требуемого показателя ТКИ с количественной оценкой каждого показателя ТКИ.

Вывод о предпочтительном КТР делается на основании получаемой из ЭВМ информации о предпочтительных вариантах изделия лицом, принимающим решение.

Дополнительными результатами использования ПИМКОТ являются следующие:

- разработка конструктивно-технологического облика гипотетического изделия, составленного из деталей и сборочных единиц, имеющих оптимальные варианты КТР с позиций либо наименьшей материалоемкости, либо наименьшей трудоемкости серийного изготовления, либо наименьшей технологической себестоимости;

- технологический облик гипотетического изделия создается по определенным классам изделий применительно к определенной годовой программе их серийного производства с учетом заданной ПС, перспективной структуры материалов, заготовок и ТП с последующим сопоставлением по мере необходимости изделий, предлагаемых ОКБ для оценки технологичности их конструкции, с гипотетическими, и определением степени соответствия заложенных в конструкторскую документацию вариантов с предпочтительными;

- унификация и стандартизация КТР, что приведет к сокращению числа наименований специального и специализированного оборудования и упорядочению структуры его парка;

- определение экстремальных значений основных показателей ТКИ деталей, сборочных единиц и изделия в целом для заданной структуры материалов, заготовок, ТП и годовых программ серийного производства;

- создание справочно-информационного фонда (СИФ) КТР деталей и сборочных единиц с выдачей по запросам их трудоемкости и технологической себестоимости по видам работ;

- разработка автоматизированной системы оценки материалоемкости основных деталей изделия с выдачей цифровой и графической информации и принятием решения об использовании конкретного вида заготовки, обладающей экономически целесообразным КИМ;

- создание структуры операций ТП по каждому виду работ и оптимизация структуры ТП в целом по всем видам работ изготовления детали или сборки сборочной единицы с опре-

делением предпочтительных значений трудоемкости, материалоемкости и технологической себестоимости детали, сборочной единицы и изделия в целом;

– сравнительный анализ конкурсных изделий.

Первое отличие разработанной и реализованной системы оценки и обеспечения КТХ изделий от существующей заключается в использовании математических моделей (ММ) показателей ТКИ для основных деталей и сборочных единиц изделия и ПС его изготовления. Эти ММ разрабатываются конструктором и технологом совместно по результатам модифицированного имитационного моделирования основных КТХ изделия заданного класса и отражают основные причинно-следственные связи между технологическими и конструктивными особенностями изделий, а также влияние на них особенностей, связанных с типом производства. Информационный массив результатов моделирования пропускается через пакет прикладных программ (ППП) МКО с целью получения БД предпочтительных КТР с оптимальными показателями ТКИ. В результате на этапе эскизного проектирования в конструкцию изделия закладывается оптимальная структура заготовок и ТП и определяются варианты КТР с оптимальными значениями показателей ТКИ определенного класса. Таким образом, при оценке ТКИ на этапе рабочего проектирования технолог анализирует конструкцию изделия, близкую к оптимальной по основным КТХ, и вносит технологические изменения в уже оптимизированную конструкцию изделия.

Использование ЭВМ и математических методов позволяет исключить элементы субъективности и конъюнктурности при разработке конструкции изделия и назначении заготовок, ТП и оборудования для изготовления изделий. При этом заложенные в ММ характеристики основных деталей и сборочных единиц и типа ПС отражают перспективы развития технологии на ближайшие несколько лет и реальные годовые программы изготовления изделий, что обеспечит ТКИ в условиях его промышленного производства.

Унификация и стандартизация не только наиболее выгодных и употребительных ТП и оборудования, но и отдельных сборочных единиц изделий существенно облегчит реализацию блочно-модульного принципа проектирования изделий и их ТПП.

Второе существенное отличие предлагаемой перспективной системы оценки и обеспечения КТХ от существующего порядка оценки ТКИ заключается в комплексном рассмотрении и анализе КТХ изделий. Ранее технологом зачастую рассматривались на этапе рабочего проектирования лишь технологические характеристики деталей без их связи с конструктивными (в частности, не оценивалась в большинстве случаев возможность уменьшения массы конструкции деталей изделия путем замены применяемых материалов).

МБА КТР на этапе эскизного проектирования позволяет закладывать в конструкцию любые предложения по обеспечению КТХ предлагаемого изделия.

Третье отличие системы оценки и обеспечения КТХ от существующей состоит в том, что вводится системный подход к оценке ТКИ с учетом взаимного влияния предыдущего уровня оценки на последующий.

Принятие решения о предпочтительных КТХ осуществляется при рассмотрении деталей, сборочных единиц изделия в целом как элементов многоуровневой иерархической системы, т.е. с учетом взаимного влияния КТХ элемента низшего уровня на КТХ элемента более высокого уровня иерархии, например, двигателя на характеристики летательного аппарата, на котором этот двигатель будет установлен.

Четвертое отличие предлагаемой системы оценки и обеспечения КТХ изделия от существующей – наличие не только анализа КТР, но и их синтеза, который заключается в автоматизированной разработке в процессе МКО новых вариантов сочетания деталей, образующих новые варианты конструкции сборочных единиц и новые сочетания заготовок, материалов, ТП и т.д. Этот процесс синтеза характеризуется правилами: логического анализа при выборе альтернативных КТР («если ..., тогда ...»); собираемости деталей; совместимости материалов.

Важным элементом ПИМКОТ является при отсутствии ММ экспертная оценка КТР на стадии подготовки исходной информации для МКО основных показателей ТКИ, а также на стадии выбора предпочтительного варианта КТР из множества оптимальных по Парето.

Важной подсистемой ПИМКОТ является диалоговая автоматизированная система оценки технологичности (АСОТ).

АСОТ предназначена для оперативного решения разнообразных конструкторско-технологических задач, таких как геометрическое моделирование элементов, проектирование ТП, поиск технологической информации в БД, расчеты показателей ТКИ (деталей, сборочных единиц и изделия в целом), определение множества оптимальных КТР детали и сборочной единицы из числа возможных вариантов и ряд других. Последняя группа задач, связанная с диалоговыми расчетно-информационными работами, выполняется в рамках ИИС.

Система АСОТ включает в себя кроме ИИС следующие подсистемы: геометрического моделирования элементов изделий; количественной оценки показателей ТКИ по их ММ; МКО КТХ изделий по критериям технологичности проектирования ТП.

Подсистема МКО показателей ТКИ (деталей и сборочных единиц) построена на основе принципов согласования общей и частных целей при выборе вариантов изделий.

При МКО ПТК обеспечиваются:

- удовлетворение требований конструктора по эксплуатационным характеристикам изделия и его сборочных единиц;

- снижение массы конструкции изделия как приоритетного требования среди других требований;

- проведение МВА технологических возможностей создания изделия; в большинстве случаев при оценке ТКИ на стадии рабочего проектирования МКО показателей ТКИ или его элементов проводится при определенных свойствах материалов и геометрических параметрах изделия; однако, исходя из общей концепции МВА, все факторы, характеризующие изделие и ПС, должны быть по возможности переменными на всех этапах оценки ТКИ;

- проведение МВА конструкторской реализации изделия; совместная реализация конструкторских и технологических решений дает наибольший экономический и технический эффект на всех этапах оценки и обеспечения ТКИ.

В результате МКО на АЦПУ выводятся: исходная матрица анализируемых вариантов; базовый вариант анализируемого изделия; результаты предварительной оптимизации, т.е. выделение для каждой детали только конкурентных вариантов ее исполнения; найденные оптимальные по Парето в пространстве используемых критериев варианты сборочной единицы; значения их критериев и отличие

каждого из критериев от базового варианта; номера конструктивно-технологических вариантов каждой из деталей, входящих в оптимальную сборочную единицу и значения их ПТК; варианты сборочной единицы с экстремальным значением одного из критериев и диапазон изменения данного критерия.

В подсистеме проектирования ТП исходной информацией являются чертежи детали и заготовки, структура применяемых СТО. Необходимым элементом являются ММ ПС, отражающие основные особенности структуры производства, типы и номенклатуру оборудования, инструмента и оснастки, программу изготовления изделий и т.п.

ИИС включает в себя три функциональные подсистемы:

- 1) банк данных, включающий БД и СУБД – информационную основу математического обеспечения системы;

- 2) ведущий диалоговый модуль;

- 3) блок внешних программ.

Банк данных составляет информационную основу функционирования АСОТ и содержит необходимую конструктивно-технологическую информацию, которая заводится в БД с помощью блока ППП на основе пакета генератор ввода – вывода (ГВВ). В состав СУБД входит блок корректировки данных и модуль POISK, осуществляющий различные запросы в БД.

Ведущий диалоговый модуль является управляющим центром всей системы. С его помощью в диалоговом режиме проводятся запросы в систему и формируются ответы.

Блок внешних программ содержит различные модули прикладного характера, с помощью которых осуществляется решение поставленной конструкторско-технологической задачи.

Общая схема функционирования системы АСОТ заключается в следующем.

1. Технолог через ведущий диалоговый модуль задает вопрос системе. Вопрос анализируется в блоке настройки системы, классифицируется, при этом определяется, к какому модулю внешней программы он относится.

2. С помощью модуля POISK осуществляется запрос в БД и отыскивается необходимая для решения данной задачи информация.

3. Найденная в БД информация передается в блок внешних программ, где она поступает в соответствующий модуль, в котором и происходит необходимое решение задачи.

4 С помощью ведущего диалогового модуля решение выдается на экран видеотерминала или АЦПУ.

Использование системы АСОТ имеет преимущества принципиального характера по сравнению с традиционным (например, без ЭВМ) подходом, а именно:

- при анализе проводится исследование всего множества возможных вариантов КТР данной сборочной единицы изделия, что возможно только с привлечением математического аппарата и ЭВМ;

- определение оптимальных по основным показателям ТКИ вариантов КТР каждой детали осуществляется с позиции и в интересах повышения технологичности конструкции сборочной единицы и изделия в целом, что становится возможным только благодаря привлечению основных принципов ПИМКОТ, реализация которых в свою очередь требует решение задачи по автоматизации синтеза возможных вариантов исполнения сборочной единицы на ЭВМ;

- вопрос принятия окончательного решения вынесен за рамки модулей системы и предоставлен специалистам – экспертам, при этом эксперты осуществляют поиск предпочтительного варианта среди множества оптимальных вариантов исполнения сборочной единицы, которое существенно меньше исходного множества возможных вариантов изготовления данной сборочной единицы;

- После выбора наиболее предпочтительного из найденных оптимальных вариантов сборочной единицы возможно повторное обращение к системе как с целью более подробной (детальной) проработки конструктивных элементов, так и с целью разработки ТП изготовления конструкции, при этом проработка будет проводиться для варианта с оптимальными значениями показателей ТКИ.

Функционирование ПИМКОТ для оценки и обеспечения ТКИ характеризуется основными принципами, приведенными ниже.

Принцип экономичности эффективного КТР, осуществляемый методами МВА и МКО основных показателей ТКИ. Наиболее эффективные решения получают в результате добавления к технологическим вариантам конструктивных (схемы соединения деталей, варианты конструктивных элементов, рабочие условия и др.), когда программа расчета на ЭВМ оперирует до 10^{10} вариантами сборочных единиц, составленных всего лишь из десятков вариантов деталей.

При этом важно, чтобы исходная информация подвергалась многоуровневой оптимизации.

Например, трудоемкость детали определенного конструктивно-технологического варианта должна быть оптимальной на всех уровнях: структуры ТП (оптимизация на уровне варианта ТП), структуры какого-либо одного ТП (оптимизация на уровне операции), структуры определенной операции (оптимизация на уровне перехода), структуры режимов ТП (оптимизация на уровне режима, например, режима механической обработки: скорость, глубина, подача).

Принцип достоверности предпочтительного КТР, достигаемый посредством модифицированного имитационного моделирования, которое основано на синтезе и анализе с помощью ЭВМ весьма большого числа вариантов сочетаний деталей, обладающих различными конструктивными, технологическими, производственными и временными особенностями. Имея ММ как результат обработки статистической информации, в том числе полученной модифицированным имитационным моделированием, и данных экспертной или расчетной оценки какой-либо группы параметров, охватывающей воображаемый диапазон технически возможных характеристик материалов, ТП, оборудования, конструктивных схем сборочных единиц, вариантов конструкций деталей, можно получить интерполяцией и экстраполяцией большое разнообразие КТР, характеризующих определенную группу или класс изделий.

Принцип обеспечения функциональности изделия. На начальной стадии оценки и обеспечения КТХ изделия проводится выявление функций, которые должна выполнять деталь или сборочная единица, а затем вырабатываются при необходимости новые технические и экономически оправданные КТР, соответствующие выполнению этой функции. С помощью анализа функций следует стремиться абстрагироваться от конструктивно-технологического оформления сборочных единиц уже имеющегося изделия и тем самым подготовить путь к нахождению новых конструктивных форм и технологических идей, с помощью которых могут быть достигнуты необходимые функции. Таким образом, существует множество конструктивно-технологических обликов изделия, соответствующих его единственному функциональному назначению.

Конструкция детали, ее элементы, материал, заготовки, ТП изготовления – все это факторы, обеспечивающие исполнение заданных функций. Таким образом, исследование эффективности оценки и обеспечения ТКИ применимо не только к детали, но и к сборочной единице, для которой находят улучшенное КТР во имя более полного удовлетворения функциональных требований к изделию.

Принцип взаимозависимости. Улучшение какого-либо КТР детали или сборочной единицы на каком-либо этапе жизненного цикла изделия не должно приводить к их ухудшению на других этапах жизненного цикла. Важно помнить, что упущено на этапе конструирования изделия, то почти невозможно наверстать в процессе ТПП и совсем невозможно наверстать при изготовлении изделия в серийном производстве.

Принцип ценности. В процессе конструктивно-технологического анализа определяется ценность (полезность, целесообразность) не только функций деталей или сборочных единиц, но и методов изготовления, применяемых материалов и заготовок. При этом необходимо руководствоваться принципом: не то хорошо, что возможно, а то, что нужно.

Принцип коллегиальности реализуется через организационную групповую работу бригады специалистов, которая дает по сравнению с работой одного специалиста не только большее количество КТР, но и более высокое их качество. Количество идей по реализации перспективных КТР не ограничивается, на стадии их выдвижения критика идей не разрешается. Она допустима на стадии оценки идей, когда вырабатываются конкретные предложения в процессе конструктивно-технологического анализа. На этапе подведения итогов (при обработке сведений) конструкторской бригадой совместно с технологами рассматриваются все разработанные предложения по повышению ТКИ. Решения калькулируются, вычисляются затраты на улучшение отдельных КТР.

Принцип комплексности определяется анализом КТХ изделия, в результате которого удовлетворяются требования достижения оптимальных затрат труда, материалов, энергии и времени на стадиях проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта. При реализации этого принципа целесообразно придерживаться правила: «Все хорошо сразу во всем

не бывает!» Удовлетворение сразу всех требований понемногу – вот суть принципа комплексности.

Функционально-логические свойства ПИМКОТ способствуют реализации в конкретных производственных условиях требований к интегрированным комплексно-автоматизированным производствам.

Ввиду того что в основу ПИМКОТ положены МВА и МКО КТХ изделий, целесообразно, а в ряде случаев и необходимо принцип МВА и МКО перенести на подсистемы ТПП и на САПР изделия. В этом случае выходная информация из ПИМКОТ передается на вход следующим подсистемам автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП):

- комплектования оборудования – данные о конструктивно-технологических особенностях деталей и сборочных единиц и рекомендации по приобретению недостающего специального и специализированного оборудования;

- проектирования ТП – информация о предпочтительных вариантах деталей и сборочных единиц;

- проектирования специального режущего и мерительного инструмента – информация о структуре материалов, конструктивно-технологических особенностях деталей и сборочных единиц;

- проектирования оснастки – информация о конструктивно-технологических особенностях деталей и сборочных единиц, данные о преемственности и унификации;

- автоматизации программирования обработки деталей на оборудовании с ЧПУ – информация о деталях и материалах.

АСТПП конкретного изделия в равной степени задействована на ПС серийного предприятия-изготовителя изделия и ПС ОКБ в следующих целях:

- постоянного отслеживания экономически целесообразной и технически допустимой по стабильности структуры ТП, оборудования, оснастки и инструмента для изготовления изделий в опытном, а затем и серийном производстве при постоянно изменяющихся во времени конструктивно-технологических особенностях изделия (параметры, материалы, заготовки и др.);

— создания единого банка данных ТПП класса изделий, характеризующихся конструктивно-технологическим подобием, содержание которого используется при последующих разработках более эффективных изделий и служит источником типовых КТР при проектировании ТП, оборудования, оснастки и инструмента.

Выходная информация из ПИМКОТ в равной с АСТПП мере поступает в САПР изделия в целях:

— окончательной оценки конструктивно-технологических вариантов изделия и принятия предпочтительного варианта исходя из функциональных и эксплуатационных ограничений;

— создания БД по КТР, характеризующимися единством или подобием конструктивных или технологических особенностей деталей и сборочных единиц; эти решения в последующем используются для создания новых более совершенных изделий, отличающихся оптимальными уровнями унификации, преемственности, трудоемкости и материалоэкономности в условиях опытного и серийного производства.

ПИМКОТ позволяет осуществлять посредством переходных модулей взаимосвязь с другими подсистемами автоматизированной системы конструирования изделий, таких, как подсистемы информационно-справочная, анализа теплового состояния, массогабаритного и стоимостного анализа, перспективных процессов нанесения теплозащитных покрытий (ТЗП) и др.

ПИМКОТ ориентирован для решения указанных задач на ПЭВМ на базе общих графических, операционных и системных средств автоматизированного конструирования изделий.

Анализ задачи многокритериальной оптимизации конструктивно-технологических характеристик изделий и разработка математического обеспечения ее решения. Формальным выражением понятия «наилучшая альтернатива» является определенное значение выбранного критерия оценки, или критерия оптимальности.

Как известно, при оптимизации любой сложной системы может быть применен один из двух видов критериев: скаляр или вектор.

Основное преимущество критерия типа скаляр заключается в том, что он позволяет использовать хорошо разработанные методы оптимизации, многие из которых реализованы в виде стандартных программ для ЭВМ. Однако количественное описание такого сложного

понятия, как ТКИ, пока не поддается представлению в виде скаляра (комплексного показателя ТКИ).

Стандартами ЕСТПП предписано оценивать производственную технологичность набором показателей, к важнейшим из которых относятся технологическая себестоимость (C_T), трудоемкость (Т), масса (М), цикл (Ц).

Однако эти ПТКИ находятся между собой в сложной системе отношений: противоречия, согласования, независимости.

Поэтому ни один из этих ПТКИ не может служить в качестве комплексного критерия технологичности $W_{изг}(X)$. Те же рассуждения можно отнести и к любой другой группе показателей.

Учитывая сложный характер взаимодействия ПТКИ (производственных, эксплуатационных, ремонтных и др.), можно считать проблематичным создание единого комплексного показателя ТКИ.

В качестве недостатков этого критерия можно отметить также единственность результата решения и субъективность при преобразовании ряда показателей в скаляр.

Осуществить выбор того или иного варианта исполнения отдельной детали так, чтобы обеспечить повышение уровня КТХ изделия в целом, экспертным методом затруднительно. Напротив, использование в задачах оптимизации сложных систем векторного критерия весьма перспективно. Оно требует много, нового понятия — «оптимальный вариант системы».

Рассмотрим случай, когда критерий оптимальности, представляющий собой вектор, составленный из показателей системы, является дискретной детерминированной функцией дискретных аргументов. Тогда под оптимальным вариантом системы понимают такой вариант, для которого имеет место наилучшее одновременное сочетание всех компонентов вектора критерия (целевой функции). Множество таких вариантов системы образуют характеристику возможностей данной системы, которую также часто называют множеством по Парето.

Решение задачи векторной оптимизации тривиально, если существует вектор $X \in X^*$, обеспечивающий экстремальное значение всех компонентов критерия оптимальности одновременно.

Для наиболее полной оценки и обеспечения КТХ изделия применяются методы МКО, которые используют в качестве компонентов критерия оптимальности количественные показатели ТКИ.

Для определения оптимального варианта детали из возможных альтернативных вариантов выберем некоторую целевую функцию, по величине которой будем делать заключение об оптимальности.

В качестве таковой выберем вектор $W = \{W_i\}$; $i = 1, n$, компоненты которого представляют собой основные КТХ (в том числе ПТКИ): W_1 – себестоимость изготовления изделия; W_2 – трудоемкость изготовления изделия; W_3 – масса конструкции изделия; $W_4 - K_{\text{им}}$; W_5 – трудоемкость ремонта изделия; W_6 – стоимость запасных частей; W_7 – трудоемкость изготовления оснастки; W_8 – масса оснастки.

В качестве четвертой компоненты W_4 берется величина $K_{\text{им}}$ с противоположным знаком, и ее минимизация обеспечивает максимизацию $K_{\text{им}}$. В связи с этим каждую из компонентов вектора W желательно минимизировать.

Каждый из альтернативных вариантов детали характеризуется таким вектором.

Таким образом, задача обеспечения КТХ изделия формируется следующим образом: среди некоторого множества альтернативных вариантов детали, каждый из которых описан указанным n -компонентным вектором, требуется найти ее характеристику возможностей.

Использование векторного критерия, составленного из КТХ (ПТКИ), дает возможность определить множество недоминируемых вариантов КТР отдельных деталей, сборочной единицы и изделия в целом.

Применение векторного критерия позволяет использовать основные системные принципы для оценки и обеспечения КТХ. При этом возможно осуществить координацию действий конструктора и технолога при выборе эффективных КТР.

Задача нахождения множества Парето становится содержательной в математическом смысле в том случае, если частные критерии, составляющие вектор-критерий задачи, находятся в противоречии друг с другом, т.е. при улучшении одного имеет место ухудшение другого (критерии не коррелируются). Если это условие не соблюдается, то задача векторной (многокритериальной) оптимизации фактически вырождается и решением задачи является единственный оптимальный вариант.

Вторым условием применения критериев оптимальности является возможность их вы-

числения (или выражения в числовом виде) для отдельных деталей, сборочных единиц и изделия в целом.

В большинстве случаев ОТКИ в качестве основных критериев оптимальности используются следующие ПТКИ (КТХ): трудоемкость изготовления (норм/ч); технологическая себестоимость (руб.); норма расхода материала $K_{\text{им}}$ (кг); масса конструкции (кг).

Анализ содержания остальных ПТКИ показывает в ряде случаев их несостоятельность в качестве основных. Действительно, такие ПТКИ, как коэффициенты унификации, нормализации не являются определяющими, а такие ПТКИ, как коэффициенты заимствования, преемственности могут даже ввести в заблуждение, если принять их за основные: если повторяемые детали нетехнологичны, то увеличение коэффициента преемственности может только ухудшить ТКИ в целом.

Принятые ПТКИ являются функциями параметров КТР: формы детали, ее геометрических размеров, марки материала, исходной заготовки, схемы ТП, программы выпуска и пр. Другими словами, они являются функциями тех параметров, которые могут варьироваться при проектировании изделия, технологической подготовке его производства, изготовления и ремонте, что приводит к многовариантности конструктивно-технологического исполнения деталей, сборочных единиц и изделия в целом. Таким образом, МКО КТХ сборочных единиц изделия возможна на всех трех этапах оценки и обеспечения ТКИ: эскизного проектирования, разработки рабочей конструкторской документации и передачи изделия в серийное производство.

Вычисление каждого критерия оптимальности (показателя ТКИ) для детали, сборочной единицы и изделия не представляет принципиальных трудностей.

Исключение любого ПТКИ из состава критериев оптимальности, обеспечивающее сокращение трудоемкости подготовки исходных данных, приводит к изменению результатов оптимизации. Число найденных оптимальных вариантов, составляющих искомое множество Парето, уменьшается вследствие сокращения критериев.

В случае, когда для всех альтернативных вариантов конструктивно-технологического исполнения каждой детали из матрицы вариантов значение какого-либо ПТКИ не меняется или его изменение не превышает 5 % от ис-

ходной величины, такие критерии не влияют на результаты оптимизации и из числа данных, вводимых в ЭВМ, могут быть исключены; при этом возможно сокращение трудоемкости ввода данных в ЭВМ.

Основная цель обеспечения КТХ изделия состоит в том, чтобы максимально приблизить конструктивные параметры x к оптимальным x^* по векторному критерию эффективности $W(x)$. Эта цель может быть решением некоторой задачи оптимизации:

$$W(x) = \text{opt } W(x), \quad x \in g_i(x),$$

где $g_i(x)$ – система ограничения на параметры X ; $W(x)$ – показатели ТКИ.

Критерий $W(x)$ включает составляющие эффективности различных стадий жизненного цикла и их частей: изготовления ($W_{\text{изг}}$), ($W_{\text{тпп}}$), эксплуатации ($W_{\text{эксп}}$), ремонта ($W_{\text{рем}}$) и т.п.

Показатель X зависит от соотношения показателей $W_{\text{изг}}$, $W_{\text{тпп}}$, $W_{\text{эксп}}$, $W_{\text{рем}}$, которые являются частными показателями, а $W(x)$ – комплексным показателем, который может быть записан в следующем виде:

$$W(x) = W(W_{\text{изг}}(x), W_{\text{эксп}}(x), W_{\text{рем}}(x)).$$

Уровень ТКИ $\mu(x)$ в ряде случаев целесообразно определить как меру отклонения конструкции X от оптимального

$$\mu(x) = W(x) - W(x^*).$$

Часто при отработке ТКИ за x принимают некий базовый вариант конструкции изделия.

Сложный характер функции $W(x)$ и невозможность ее аналитического описания приводят к тому, что на практике не удается на этапе эскизного проектирования изделия выбрать оптимальные параметры его конструкции x .

При этом должен рассматриваться не только комплекс свойств конструкции изделия, но и комплекс производственных факторов. Сложный характер функции $W(x)$ не позволяет описать ее аналитически в зависимости от x в силу того, что даже ее составляющая $W_{\text{изг}}(x)$ зависит от x не прямо, а через технологические параметры t , поэтому правильно говорить о зависимости

$$W_{\text{изг}}(x) = W_{\text{изг}}(x, t^*),$$

где t^* – оптимальная технология.

Исходя из вышеизложенного, сформулируем глобальную задачу оптимизации КТР изделия: требуется найти оптимальное КТР, определяющее изготовление изделия в заданной ПС по векторному комплексному критерию $W(x)$ с учетом следующих ограничений:

- свойства конструкции изделия и его элементов определяются конструктором, исходя из условий их функционирования с заданными рабочими параметрами;
- особенности ПС, в которой изготавливается изделие, заданы;
- особенности эксплуатации, в частности ремонта изделия, известны и характеризуются показателями ТКИ.

Размерность каждой из локальных задач – МКО показателей производственной ТКИ определенного варианта конструкции изделия в заданной ПС, МКО показателей ремонтпригодности, выбор на основе МВА и МКО варианта КТР конструкции с обеспечением заданных рабочих параметров и других задач – значительно ниже размерности глобальной задачи.

Применение методов декомпозиции и агрегирования дает возможность получать решение данной сложной многомерной глобальной задачи МКО в результате решения некоторой совокупности более простых локальных подзадач и при этом соблюдать их независимость.

Накладываемые на решение глобальной задачи ограничения по показателям ремонтной технологичности, эксплуатационной технологичности (показатели надежности, показатели соответствия отклонений ТП и его вариантности допускам на конечный выходной параметр изделия и т.п.) могут быть разграничены (расчленены) с целью получения ряда локальных задач.

В связи с вышеизложенным проблема координации локальных задач сводится к модификации их критериев и ограничений для согласования локальных задач с глобальной.

Разработка методов координации локальных задач на основе МКО основывается на реализации следующих этапов:

- укрупнений информационных сигналов – выделения в множестве R^n подмножества $x^* \subseteq R^n$ оптимальных вариантов по совокупности критериев W (Парето-оптимум), удовлетворяющего условию

$$x^* = \left\{ X \in R^n (W(x) \geq W(x)) \right\},$$

где знак $\geq$ понимается в векторном смысле, т.е. выполняется для каждой компоненты вектора $W(x)$;

- координации локальных задач;
- решения локальных задач.

Метод МКО позволяет за одну итерацию выработать управляющий сигнал для локальных задач с целью решения глобальной задачи.

Этот управляющий сигнал может быть реализован как минимум двояким способом: во-первых, через несколько различных групп показателей ТКИ отдельных видов ТКИ, во-вторых, набором критериев оптимальности одного вида ТКИ.

Особую трудность вызывает реализация последнего этапа МКО: выбор одного предпочтительного варианта КТР деталей, сборочных единиц, изделий в целом из множества альтернативных оптимальных вариантов.

В повседневной практике обеспечения КТХ при оценке технологичности отдельных деталей, сборочных единиц и изделия в целом оказывается необходимым при выделении предпочтительных альтернатив-вариантов деталей либо упорядочить в определенной последовательности исходное множество альтернатив по совокупности критериев оптимальности, либо вычислить некоторую количественную величину, выражающую степень предпочтения (важности, полезности) альтернатив. Методы формализованного решения задачи МКО даются, например, в работах [8] и [13]. В них, в частности, рассматриваются использование обобщенных критериев различного вида, методы последовательной оптимизации и др.

Задача МКО по своей природе является задачей с размытой целью. Неопределенные цели и ограничения описываются как размытые множества в пространстве альтернатив.

Как показывает анализ, наиболее приемлемыми являются методы, в которых качество альтернатив оценивается расстоянием между «идеальной» и рассматриваемой альтернативами.

В качестве «идеальной» обычно принимается альтернатива x^0 , которой соответствует вектор $f^0 = (f_1^0, f_2^0, \dots, f_m^0)$, компонентами которого являются максимумы для максимизируемых или минимумы для минимизируемых критериев оптимальности на множестве x .

На практике обобщенными принимаются критерии, в которых мерой расстояния служат:

а) сумма отклонений от «идеальной» альтернативы

$$F(x^*) = \min_{x \in X} \left[\sum_{i=1}^m (f_i^0 - f_i(x)) + \sum_{i=m+1}^M (f_i(x) - f_i^0) \right],$$

где $i = 1, m$ – критерии оптимальности, подлежащие максимизации; $i = m + 1, M$ – критерии оптимальности, подлежащие минимизации;

б) сумма относительных отклонений

$$F(x^*) = \min_{x \in X} \left[\sum_{i=1}^m \frac{f_i^0 - f_i(x)}{f_i^0 - f_{i\min}} + \sum_{i=m+1}^M \frac{f_i(x) - f_i^0}{f_{i\max} - f_i^0} \right],$$

где $f_{i\min}$, $f_{i\max}$ – наименьшее для максимизируемых и наибольшее для минимизируемых значений критериев оптимальности;

в) сумма относительных отклонений (дополнительный критерий)

$$F_j(x^*) = \min_{x \in X} \left[\sum_{i=1}^m \frac{f_{ij} - f_{i\min}}{f_{i\max} - f_{i\min}} \right].$$

Отличие этого критерия от предыдущего состоит в том, что в качестве нормирующего делителя используется диапазон изменения i -го критерия;

г) сумма относительных отклонений

$$F_j(x^*) = \min_{x \in X} \left[\sum_{i=1}^m \frac{f_{ij} - f_{i\min}}{f_{i\min}} \right],$$

где f_{ij} – значение i -го критерия j -го оптимального варианта; $f_{i\min}$ – минимальное значение i -го критерия.

Величина F_j понимается как степень удаления j -го оптимального варианта от гипотетического идеального варианта с наилучшими (минимальными) значениями каждого i -го критерия. Критерии (в) и (г) минимизируются все без исключения.

Эти зависимости предполагают, что все критерии считаются равноценными по значимости. Преимуществами предлагаемого обоб-

щенного показателя (б) в сравнении с другими показателями являются следующие: составляющие обобщенного показателя представлены в виде относительных отклонений, что позволяет использовать разнородные критерии; не требуется выполнения условия независимости критериев.

Недостаток обобщенного показателя (б) – невозможность в ряде случаев получения значимого результата ввиду равенства знаменателя нулю.

В качестве дополнительной информации при анализе альтернативных вариантов на практике используется обобщенный критерий

$$F_j(x^*) = \min_{x \in X} \left[\sum_{i=1}^m K_i \frac{f_{ij}}{f_{i, \text{база}}} \right],$$

где $f_{i, \text{база}}$ – значение i -го критерия базового варианта; K_i – множитель, определяющий важность i -го компонента,

$$\sum_{i=1}^m K_i = 1.$$

Величина K_i определяется в зависимости от ранга важности i -го критерия, назначаемого лицом, проводящим исследование.

Обобщенный показатель применяется не для определения одного единственного оптимального КТР, а для получения количественных показателей при выборе КТР из совокупности предпочтительных КТР, удовлетворяющих ряду противоречивых требований.

Для конкретного определения предпочтительного варианта КТР изделия из нескольких возможных может применяться система балльных оценок.

Выбор предпочтительного КТР из ряда альтернативных программно реализован при решении задач МКО и является неотъемлемой их частью.

Применение математического аппарата при решении задачи МКО не заменяет специалиста по обеспечению КТХ и оценке ТКИ, а лишь обеспечивает передачу программно-аппаратным средствам ЭВМ формальную работу по расчетам и подготовке вариантов.

Принимая во внимание идентичность решения задачи МКО для структуры деталь – сборочная единица и сборочная единица – изделие, принято единое для этих структур математическое обеспечение.

Особенностью оптимизации КТХ является оперирование с дискретными величинами. Количество возможных вариантов исполнения изделия и деталей выражается конечным числом.

Вследствие этих обстоятельств при моделировании задачи представляется возможным применение теории графов.

Для решения на ЭВМ задачи МКО основных КТХ изделия на двухуровневой иерархической структуре требуется разработка ММ в виде математического описания системы, позволяющего изучать ее средствами математики.

Для разработки ММ задачи рассмотрим зависимость между показателями технологичности конструкции сборочной единицы изделия, взятыми в качестве критериев оптимальности.

Как известно, технологическая себестоимость W_1 , трудоемкость изготовления W_2 , масса конструкции W_3 , норма расхода материала W_4 , трудоемкость оснастки W_5 сборочной единицы представляют арифметические суммы аналогичных характеристик входящих в нее деталей.

Следовательно, компоненты в векторе – критерии представляют собой аддитивные функции.

Ограничения по совместному применению вариантов КТР деталей при их сборке являются специфичными в каждом конкретном случае, не вычисляются на ЭВМ, но должны учитываться при построении ММ сборочной единицы. (Под сборочной единицей понимается совокупность из n деталей, каждая из которых допускает по m_i вариантов КТР ($i = 1, n; m_i > 1$)).

В данном случае в качестве ММ может быть принят ориентированный многоуровневый граф, отражающий последовательность объединения деталей в сборочную единицу. Здесь графы могут быть использованы в силу самого понятия графа, которое сочетает в себе теоретико-множественные, топологические и комбинаторные возможности. Вследствие этих свойств граф служит ММ для задачи МКО ПТК при обеспечении КТХ изделий.

На отдельных уровнях графа расположены детали, составляющие анализируемую сборочную единицу изделия.

Каждая вершина, расположенная на i -м уровне графа, соответствует варианту КТР i -й детали.

Возможности сборки вариантов соседних деталей между собой в сборочную единицу соответствует наличие связи (дуги) между вершинами соседних уровней.

Вычисленные значения выбранных ПТК по каждому из вариантов КТР детали задаются на дугах, входящих в соответствующую вершину в виде вектора W .

Процедура построения (синтеза) какого-либо варианта сборочной единицы представляет собой движение по дугам графа от вершины "начало" S к вершине "конец" t . Множество путей $L = \{l\}$ в графе между вершинами S и t определяет множество (всю совокупность) возможных вариантов создания сборочной единицы изделия.

Вычисление значений критериев оптимальности для каждого из полученных вариантов сборочной единицы сводится к расчету "длины" пути на графе от вершины S до вершины t по формуле

$$W_j = \sum_{i=1}^n \omega_j^i; \quad j = 1, k,$$

где W_j – j -й критерий оптимальности сборочной единицы; ω_j^i – j -я КТХ (показатель ТКИ) КТР i -й детали; k – число критериев.

Таким образом, решение задачи МКО, т.е. выявление оптимальных вариантов сборочной единицы, сводится к следующей задаче на графе: среди множества путей между вершинами s и t графа определить пути, оптимальные по Парето в пространстве выбранных критериев – требуется определить подмножество путей $L^* \subset L$ таких, что для каждого $l \in L$ найдется $l^* \in L^*$, для которого $W_j^{l^*} < W_j^l$; $j = 1, k$;

причем хотя бы одно неравенство обязательно выполняется строго, т.е. существует

$j_0 \in j = 1, 4$, для которого $W_{j_0}^{l^*} < W_{j_0}^l$, где

L^* – множество путей, оптимальных по Парето; l^* – путь, оптимальный по Парето. Формулировка дана в предположении желательности минимизации каждого из K критериев. Переход от минимизации критерия к его максимизации для $K_{\text{им}}$ осуществляется заменой знака.

В ряде случаев требуется найти оптимальные варианты КТР деталей или вектор

$W^* = \{\omega_j^i\}$ так, чтобы выполнялось ограничение $T_{\text{кр}}(W^*) \leq T_{\text{дир}}$, где $T_{\text{кр}}$, $T_{\text{дир}}$ – длина критического и длина директивного путей графа.

Условие оптимальности в этом случае выглядит так:

$$C_T(W^*) = \sum_{v \in V} c_i^* = \min \sum_{v \in V} c_i,$$

где C – затраты на реализацию КТР; $v \in V$ – дуга графа.

Применяемый метод синтеза предпочтительных КТР позволяет использовать произвольное число критериев оптимальности без каких-либо особых требований к ним (соблюдается требование аддитивности), учитывать ограничения по взаимозависимости вариантов КТР сочленяемых деталей и проводить решение задачи МКО КТХ изделий на ЭВМ сколько угодно большого количества сочетаний деталей изделий. Прямой перебор всех вариантов малопригоден, так как число возможных вариантов изделия может быть чрезвычайно велико.

Специально для решения задач МКО разработан алгоритм, основанный на принципе оптимальности Р. Беллмана, который можно сформулировать следующим образом: не следует продолжать просмотр части путей от каждой вершины i -го уровня к вершинам $(i + 1)$ -го уровня, если ранее показано, что они хуже других путей.

Из всего многообразия использованных ориентированных графов можно выделить несколько, которые имеют существенные отличия: граф комбинированного типа, граф комплексного типа, граф с фиктивными вершинами, граф двухуровневого типа.

Несмотря на внешние различия в архитектуре графов их разработка характеризуется общими принципами и проходит через следующие три общие для каждого графа стадии.

1. Стадия исследования исходных данных: определение решаемой проблемы; разработка специальных требований к графу; характеристика каждого элемента графа; выявление соотношений между элементами графа; определение критериев для окончательной оценки результатов.

2. Стадия концептуализации, на которой исследуемые исходные данные трансформируются в уровни и вершины ориентированного графа.

3. Стадия *структурного представления* графа, на которой ориентированный многоуровневый граф принимает двумерный графический вид.

Создание банка конструктивно-технологических решений деталей и его использование на этапах эскизного и рабочего проектирования изделия. Формирование научно-технического и конструкторско-технологического обеспечения создания изделия осуществляется в соответствии и на основе комплексного прогноза развития техники, фундаментальных и поисковых исследований по изделиям и их сборочным единицам, системам, а также по конструкционным материалам и ТП. На этой стадии и стадии проведения исследований по разработке технического предложения и эскизного проектирования возможен и наиболее целесообразен анализ большого количества КТР деталей и сборочных единиц и их сопоставление с унифицированными КТР.

Разработка ММ основных показателей технологичности конструкций и применение математического моделирования дают возможность вывести процесс оценки и обеспечения ТКИ на новый более высокий уровень:

- получить информацию о функционировании изделия с учетом взаимодействия его элементов и совместного действия различных внешних факторов (например, ПС);

- исследовать зависимость качества изделия от его КТХ;

- оценить эффективность изделия и найти его оптимальный вариант.

Для получения всего многообразия КТР может быть использован метод модифицированного имитационного моделирования, который рассматривается как своеобразный экспериментальный метод исследования [16].

Указанный метод характеризуется следующими особенностями:

- 1) испытаниям подвергается не сам объект, а так называемая концептуальная модель объекта исследований, состоящая из типовых деталей, обладающих основными характеристиками особенностями конфигурации и конструктивной сложности, соответствующими функциональным свойствам деталей. Типовые детали используются с целью получения рекомендаций, общих для семейства деталей, обладающих комплексом подобных конструктивно-технологических признаков, с последующей корректировкой ПТК через систему коэффициентов, учитывающих конструктивные,

технологические и производственные факторы. Представление о концептуальной модели объекта исследования как о четком и компактном описании особенностей конструкции изделия, выраженном языке конструктора и технолога в виде отрезков прямых и кривых и в виде буквенно-цифровой информации, отражает сущность процессов функционирования исследуемого объекта и не отличается от обычно принимаемого представления об объекте;

- 2) расчет основных показателей ТКИ (в том числе их экстремальных значений) при различных вариантах сочетания КТХ и функциональных (рабочих) параметров дает возможность получить массив статистической информации, которая преобразуется в ММ с использованием методов корреляционного анализа;

- 3) результаты расчетных экспериментов оформляются в виде графиков и таблиц;

- 4) в результате комплексного анализа данных разрабатываются аналитические выражения, аппроксимирующие зависимости, найденные числовым экспериментом;

- 5) на основании МКО основных показателей ТКИ выделяются предпочтительные КТР, обладающие экстремальными параметрами и характеристиками, а также проводится унификация КТР;

- 6) после соответствующей обработки данные представляются в виде сетчатых номограмм для оперативного использования конструкторами при расчете показателей ТКИ в процессе разработки конструкций изделий и технологами при оценке ТКИ.

Исследования КТХ семейства изделий на этапе эскизного проектирования и выявления оптимального варианта изделия из этого семейства, удовлетворяющего технико-экономическим и эксплуатационным требованиям, проводятся следующим образом.

Предварительно для изделия формируются БД прогрессивных КТР. Работы по обновлению БД проводятся периодически по мере накопления данных о новых изделиях, прогрессивных достижениях в технологии и материалах и необходимости в определении оптимальных КТР изделий для выдачи рекомендаций конструкторам при проектировании, а технологом – при оценке ТКИ анализируемого семейства.

Используемая на этапе эскизного проектирования БД для комплексной оценки и обеспечения КТХ на основе оптимальных КТР

должна быть интегрированной, постоянно корректируемой и пополняемой новыми данными.

При создании БД для выбора прогрессивных и экономически целесообразных КТР проводят анализ всего многообразия конструктивно-технологических схем, состоящих из сочетания всех возможных вариантов деталей и сборочных единиц с учетом условий их эксплуатации.

Сначала выявляются детали и сборочные единицы, которые оказывают наибольшее влияние на показатели ТКИ. При этом определяются возможные КТР деталей и сборочных единиц, целесообразность использования которых (КТР) в изделии не является очевидной. Одновременно с этим проводится анализ возможности применения различных материалов, заготовок и ТП изготовления деталей и сборочных единиц.

По результатам конструктивно-технологического анализа составляется матрица альтернативных вариантов деталей и сборочных единиц.

После этого обеспечивается получение данных, являющихся исходными для последующего решения задач. Они должны рассчитываться по всем видам работ, которым подвергается деталь, сборочная единица изделия, начиная с заготовительных операций и кончая отделочными: механическая обработка, литье, горячее деформирование, сварка, термообработка, холодная штамповка, раскатка, контроль сварных соединений, зачистка швов, слесарные операции, сборка по каждому типу соединений. Для каждого вида работ проводится классификация сборочных единиц, определяются типовые представители, на каждый типовой представитель разрабатываются маршрутные ТП на основе передового опыта серийных заводов и реальных годовых программ выпуска с учетом перспектив развития технологии в течении ближайших 5...10 лет и проводится расчет технико-экономических показателей (норма расхода материала, трудоемкость, затраты на заработную плату производственных рабочих, затраты на амортизацию оборудования, затраты на ремонт и содержание оборудования, технологическая себестоимость и др.).

Таким образом, каждому виду работ свойственна своя технологическая проработка, содержание и последовательность расчета данных и классификация деталей и сборочных единиц.

Суммарная трудоемкость и технологическая себестоимость каждой детали, сборочной единицы определяется как сумма этих данных

по каждому виду работ. Для каждого конструктивно-технологического варианта деталей и сборочных единиц разрабатываются сводные таблицы, в которых представлены данные по чистым массам, по трудоемкости по видам работ и по суммарной трудоемкости и технологической себестоимости. Они сравниваются с базовыми показателями ТКИ.

С целью сокращения затрат труда и времени на подготовку исходной информации для каждого класса типовых представителей, отличающихся только лишь габаритами (чистой массой), строятся графические зависимости массы заготовок, трудоемкости и технологической себестоимости от чистой массы деталей, откуда берутся данные для всех вариантов.

При этом погрешность расчета ПТК промежуточных деталей составляет не более 10...15 %. Для результатов анализа, используемых при эскизном проектировании на предварительной стадии работ, по литературным данным, допускается погрешность 25...30 % [20].

Полученный массив данных по ПТК представляется в виде таблиц, образующих матрицу вариантов, которые в последующем могут быть введены в ИИС для постоянного пользования при оценке ТКИ.

Затем для отображения вариантности изготовления разрабатывается ряд ММ, представляющих ориентированные графы, отображающие все многообразие вариантов и сборочных единиц, составляющих изделие, с учетом их совместимости при сборке.

Наконец, в результате МКО выявляется множество оптимальных по Парето вариантов КТР. При этом рассматривается иерархичность подчиненности, свидетельствующая о необходимости рассмотрения результатов оптимизации параметров анализируемой системы с позиции системы более высокого уровня.

Оптимальные КТР вариантов деталей и сборочных единиц подвергаются анализу с целью выделения из этих вариантов одного предпочтительного, в наибольшей степени отвечающего заданным требованиям. По результатам анализа можно сделать выводы также о наимыгоднейшей структуре заготовок, оборудования и ТП. Их дальнейший анализ и выбор предпочтительного варианта должны проводиться лицом, принимающим решение при введении новых условий технологического и эксплуатационного характера.

Окончательно определенные из множества оптимальных вариантов предпочтительные варианты деталей и сборочных единиц

изделия принимаются для эскизного проектирования и используются по мере необходимости при оценке ТКИ.

При этом появляется возможность проводить оптимизацию вариантов КТР с учетом перспективных ТП, а также вариантов с наилучшими конструктивными и технологическими показателями ТКИ. Для этих КТР пока, возможно, и не существуют ТП изготовления и соответствующего оборудования, которые, однако, необходимо разрабатывать параллельно с созданием конструкции изделия. Комплекс этих процедур обеспечивает ТКИ в серийном производстве.

Оптимизация КТР ряда изделий еще на этапе эскизного проектирования показала, что в серийном производстве можно получать конструкции примерно одной стоимости, но отличающиеся массой в 3 раза и КИМом – в 3,5 раза (от 0,22 до 0,65) при снижении трудоемкости изготовления в 2 раза.

На этапе разработки рабочей документации и изготовления опытных образцов изделия (этапа рабочего проектирования) обеспечивается ТКИ и сборочных единиц по всем видам работ (литью, горячему и холодному деформированию, сварке, термообработке и т.п.), анализируется рациональность выбранной схемы членения изделия на сборочные единицы, выявляются прогрессивные ТП, требующие технологического оснащения, а также прогрессивные виды заготовок, которые должны быть освоены в опытном производстве ОКБ, составляется перечень специализированного оборудования.

Оценка ТКИ с помощью ЭВМ осуществляется в последовательности, указанной ниже.

Первая стадия – конструктивно-технологический анализ изделия. На этой стадии выявляются детали и сборочные единицы, характеризующиеся наибольшей трудоемкостью и материалоёмкостью, как оказывающие наибольшее влияние на показатели ТКИ.

Для них исследуется возможность замены применяемых материалов на другие, с более эффективными физико-механическими свойствами, одновременно проводится выбор видов заготовок.

Таким образом, на первой стадии формируются альтернативные варианты изготовления отобранных деталей и сборочных единиц изделия.

По результатам конструктивно-технологического анализа изделия составляется матрица вариантов.

Вторая стадия – разработка маршрутных технологических процессов и расчет показателей ТКИ. Для каждого альтернативного варианта деталей проводится разработка маршрутных ТП и осуществляется расчет показателей технологичности деталей по всем видам работ. Даже если для детали определен материал изготовления и вид заготовки, можно реализовать несколько маршрутных ТП, которым соответствуют различные показатели технологичности.

Результаты расчетов ПТК заносятся в матрицу вариантов.

Третья стадия – разработка ММ и проведение МКО основных показателей ТКИ. На этой стадии для отображения вариантности изготовления изделия разрабатывается ММ, представляющая собой ориентированный граф, и проводится МКО.

Четвертая стадия – анализ результатов и разработка рекомендаций. В результате МКО определяется множество оптимальных вариантов изделия, образующих Парето-оптимум. На этой стадии выделяется единственный, наиболее предпочтительный вариант.

При этом предпочтительные (оптимальные) КТР для обеспечения ТКИ на ранних стадиях проектирования "черпаются" из банка КТР, образующего гипотетическое изделие с экстремальными показателями ТКИ, полученными в результате МВА и МКО.

2.2.4. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АСУ ОТКИ

Вероятностный подход к оценке и обеспечению основных конструктивно-технологических характеристик изделия как задача сравнения конкурирующих систем по критерию "стоимость – эффективность".

Во многих случаях критерий "стоимость – эффективность" применяется в составе классического треугольника, стороны которого выражают следующие факторы:

- а) стоимость создания изделия;
- б) его функциональные и эксплуатационные характеристики;
- в) время его разработки как составной части жизненного цикла изделия.

Как правило, любой один или два фактора из этих трех должны исключаться. Однако надлежащий контроль за фактором времени создания изделия может принести пользу как при соблюдении предельной стоимости, так и при обеспечении функциональных характеристик изделия.

Таким образом, не существует конструктивно-технологического анализа изделия на основе только его стоимости и показателей его эффективности. Время – с точки зрения управления созданием какого-либо изделия – один из ключевых факторов: при увеличении фактора времени теряют ценность остальные два фактора.

Жизненный цикл изделия (время существования изделия, начиная с момента начала его разработки) можно разделить на несколько периодов (этапов): первый (I) охватывает период НИР; второй (II) – проектирования и опытно-конструкторской отработки (ОКР); третий (III) – период технологической подготовки производства и запуска в серийное производство; четвертый (IV) – период серийного производства и эксплуатации (обслуживания). Между этими периодами наблюдаются важные взаимодействия: если удастся сжать первые три периода – НИР, ОКР и ТПП изделия, то можно улучшить критерий "стоимость – эффективность" изделия. Если к тому же удастся расширить четвертый период и особенно его эксплуатацию, т.е. период полезной отдачи изделия, то можно еще больше улучшить критерий "стоимость – эффективность".

Сжатие периодов I, II и III, естественно, приводит к увеличению положительного баланса при расчете суммы прибыли за весь жизненный цикл изделия. Как известно, наибольшие потенциальные возможности по снижению себестоимости изделия находятся в области периодов II и III.

Способ сокращения периодов (за исключением периода эксплуатации) заключается в том, чтобы по возможности совместить эти периоды ("наложить" друг на друга).

Если значения одного из этих двух (стоимости и эффективности) показателей конкурирующих КТР изделий близки, то выбор наилучшего КТР изделия (или их вариантов) принципиально не труден. При одинаковой стоимости наилучшим является изделие с максимальной эффективностью, при одинаковой эффективности – изделие с наименьшей стоимостью. Если значения обоих показателей далеки друг от друга, то вывод не всегда однозначен. Далее описан один из возможных подходов к решению этой задачи.

При сравнении различных изделий или их конструктивно-технологических вариантов, полученных в результате МВА и МКО КТХ, результаты представляются в виде графика зависимости показателя ТКИ (например, стоимости) от параметра эффективности. Этот график назовем графиком альтернативных схем.

Изделия, представленные на графике, попарно сравниваются между собой. Если одно из изделий A_i имеет большую эффективность (например, меньшую массу) и меньшую стоимость, чем другое A_j , то говорят, что изделие A_i доминирует над изделием A_j . В таком случае последнее исключается из рассмотрения.

Если из оставшихся изделий ни одно не доминирует над другим и, то эти изделия представляют группу эффективных систем, которые должны быть представлены руководителю для принятия решения о выборе той или иной системы.

При выборе между двумя альтернативными системами, эффективность которых может изменяться в зависимости от стоимости системы, руководителю может быть представлен непрерывный график.

Выше рассмотрены случаи сравнения, когда стоимость и параметр эффективности однозначно определяются в процессе количественного анализа каждого изделия. Это не всегда удается сделать. В большинстве случаев эти величины определяются статистически через функцию распределения или плотность вероятности. Однако и в этом случае оказывается возможным разработать количественные критерии для выбора изделия.

Рассмотрим сначала случай, когда для каждого из трех изделий B_1, B_2 и B_3 параметр эффективности (масса) определен однозначно, а для стоимости каждого изделия имеется функция плотности распределения (C).

Параметры функции плотности распределения случайной величины "стоимость изделия" могут быть получены при суммировании случайных величин: "стоимость изготовления деталей изделия для заданного периода серийного производства", "стоимость сборки изделия", "стоимость испытания", "стоимость изготовления оснастки, приведенная на одно изделие", "стоимость покупных деталей", "стоимость транспортных расходов, приведенная на одно изделие" и других составляющих. В свою очередь, для получения вида распределения случайной величины "стоимость изготовления деталей изделия для заданного периода серийного производства" применяется метод удельного нормирования, где в качестве исходных данных используются вид и параметры распределений случайных величин "удельная себестоимость i -й конструктивно-технологической группы деталей" и масса деталей оцениваемого варианта конструкции изделия, принадлежащих к i -й группе (по каждой конструктивно-технологической группе деталей).

Считаем, что, будучи суммой большого числа случайных величин, случайная величина "стоимость изделия" будет распределена по случайному закону.

Зная параметры такого распределения и задавшись доверительной вероятностью, например 0,95, можно определить интервал практически возможных значений стоимости варианта конструкции. Этот интервал равен $M(C) \pm 2\sigma(C)$, где $M(C)$ – математическое ожидание стоимости, $\sigma(C)$ – среднеквадратическое отклонение.

Пусть m_1 , m_2 и m_3 – однозначно определенные значения массы соответственно для вариантов B_1 , B_2 , B_3 .

Сравнение вариантов конструкции изделия B_1 , B_2 показывает, что ни один из них не доминирует над другим. Вариант B_2 тяжелее, но он имеет меньшую стоимость. В этом случае выбор варианта должно сделать лицо, принимающее решение. Из сравнения вариантов конструкции изделия B_1 и B_3 вытекает, что вариант B_3 доминирует над вариантом B_1 . Сравнение вариантов B_2 и B_3 проводится аналитическим путем и является наиболее интересным. Вариант B_3 легче варианта B_2 . Однако области возможных значений их стоимости пересекаются так, что стоимость варианта B_2 может быть ниже, чем варианта B_3 . Возникает вопрос, доминирует ли один из них над другим?

Изложим возможный метод сравнения этих вариантов. Пусть $f_i(C)$ – функция плотности вероятности стоимости варианта B_i ($i = 2, 3$), C – текущее значение стоимости. Выберем произвольно значение стоимости C^* . Тогда вероятность P того, что стоимость варианта изделия будет не больше выбранного значения, выражается формулой

$$P_i(C \leq C^*) = \int_0^{C^*} f_i(C) dC; \quad i = 2, 3.$$

Естественно выдвинуть следующее правило "доминирования по вероятности": вариант B_3 предпочтительнее варианта B_2 относительно задаваемого значения C^* , если

$$\int_0^{C^*} f_3(C) dC \geq \int_0^{C^*} f_2(C) dC, \quad m_3 < m_2.$$

Если эти неравенства выполняются, то вариант B_2 можно из рассмотрения исключить. Если же для некоторых значений C^*

$$P_3(C \leq C^*) < P_2(C \leq C^*),$$

то оба варианта B_2 и B_3 должны рассматриваться лицом, принимающим решение.

Для корректного использования правила "доминирования по вероятности" необходимо, чтобы математическое ожидание стоимости по величине было существенно больше величины среднего квадратического отклонения.

Рассмотренный подход можно распространить на более общий случай.

Пусть теперь вариант конструкции двигателя B_2 характеризуется двумерным случайным вектором $X^2 = (C, m)$, имеющим нормальное распределение с параметрами $M_2(C)$, $M_2(m)$, $\sigma_2(C)$, $\sigma_2(m)$, т.е. масса варианта B_2 не определена однозначно.

Функция плотности двумерного невырожденного нормального распределения имеет вид [19]

$$f_2(X^{(2)}) = \frac{1}{2\pi\sigma_2(C)\sigma_2(m)\sqrt{1-\rho^2}} \times \\ \times \exp \left\{ -\frac{1}{2(1-\rho^2)} \left[\frac{(C - M_2(C))^2}{\sigma_2^2(C)} - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{2\rho(C - M_2(C))(m - M_2(m))}{\sigma_2(C)\sigma_2(m)} + \frac{(m - M_2(m))^2}{\sigma_2^2(m)} \right] \right\},$$

$$\text{где } \rho = \frac{M(C - M_2(C))(m - M_2(m))}{\sigma_2(C)\sigma_2(m)} - \text{коэф-}$$

фициент корреляции компонент C и m .

Для заданных значений C^* и m^* вариант B_3 будет предпочтительней варианта B_2 , если

$$\int_0^{m^*} \int_0^{C^*} f_2(C, m) dC dm \geq \int_0^{m^*} \int_0^{C^*} f_3(C, m) dC dm.$$

В рассмотренных выше случаях нигде не учитывался фактор времени. Предполагалось, что альтернативные варианты изделия могут

быть разработаны и созданы в одно и то же время. Зачастую, однако, они разрабатываются в разные годы и в периоды времени различной продолжительности. Следовательно, их стоимостные категории будут существенно различаться, что накладывает определенные условия на их вычисление и на размеры убытков, вызванные задержкой в разработке и создании изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амиров Ю.Д. Основы конструирования: творчество, стандартизация, экономика: Справочное пособие. М.: Изд-во стандартов, 1991. 392 с.
2. Балабанов А.Н. Технологичность конструкций машин. М.: Машиностроение, 1987. 336 с.
3. Балакшии Б.С. Технологичность конструкции и сокращение циклов освоения. М.: Машиностроение, 1940.
4. Баничук Н.В. Введение в оптимизацию конструкций. М.: Наука, 1986. 301 с.
5. Белламан Р. Динамическое программирование. М.: Мир, 1960. 400 с.
6. Беляков И.Т., Борисов Ю.Д. Технологические проблемы проектирования летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
7. Бойцов В.В. Научные основы комплексной стандартизации технологической подготовки производства. М.: Машиностроение, 1982. 319 с.
8. Волкович В.Л. Многокритериальные задачи и методы их решения. Кибернетика и вычислительная техника. Киев: Наукова думка, 1989. Вып. I. С. 8 – 11.
9. Войчицкий А.М., Яисон Э.Ж. Технологичность изделий в приборостроении. М.; Л.: Машиностроение, 1988. 230 с.
10. Гамрат-Курек Ли. Экономика инженерных решений в машиностроении. М.: Машиностроение, 1986. 256 с.
11. Гагаев В.С. Декомпозиция и агрегирование в задачах математического программирования / Под ред. А.Д. Захревского. Мн.: Наука и техника, 1987. 183 с.
12. Гокун В.В. Технологические основы конструирования машин. Сущность, направление и методы осуществления. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машгиз, 1963. 736 с.
13. Гусаров Б.И., Балаев Г.И., Кузьмин В.В. Некоторые методы многокритериальной оптимизации конструктивно-технологических характеристик изделия при оценке технологичности его конструкции // Технология авиационного производства. Некоторые теоретические вопросы / Под ред. П.Н. Белянина. М.: Машиностроение, 1980. С. 24 – 26.
14. Дегтярев Ю.И. Методы оптимизации. М.: Советское радио, 1980. 272 с.
15. Елизаветин М.А. Сатель Э.А. Технологические способы повышения долговечности машин. Повышение эксплуатационных свойств и надежности работы деталей машин. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1969. 400 с.
16. Имитационное моделирование в оперативном управлении производством / Н.А. Соломатин, Г.В. Беляев, В.Ф. Петрович, Е.В. Прошлякова. М.: Машиностроение, 1984. 208 с.
17. Калинин В.В., Ковалев Ю.Н., Липатов А.М. Нестационарные процессы и методы проектирования узлов РДТТ. М.: Машиностроение, 1986. 216 с.
18. Кац Г.В., Ковалев А.П. Технико-экономический анализ и оптимизация конструкций машин. М.: Машиностроение, 1981. 214 с.
19. Корольюк В.С., Портенко Н.И., Скороход А.В., Турбин А.Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. М.: Наука, 1985. 640 с.
20. Логашев В.Г. Технологические основы гибких автоматизированных производств. М.; Л.: Машиностроение, 1985. 176 с.
21. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах: Пер. с англ. М.: Мир, 1981. 323 с.
22. Михельсон-Ткач В.Л. Повышение технологичности конструкции. М.: Машиностроение, 1988. 103 с.
23. Моисеев М.П. Экономика технологичности конструкций. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1981. 253 с.
24. Никифоров А.Д., Бойцов В.В. Инженерные методы обеспечения качества в машиностроении: Учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во стандартов, 1987. 384 с.
25. Осипов автоматизированного проектирования самолетов: Учеб. пособие для вузов / С.М. Егер, Н.К. Лисейцев, О.С. Самолович. М.: Машиностроение, 1986. 232 с.
26. Сатель Э.А. Основы организации и планирования машиностроительных предприятий в СССР. М.: Машгиз, 1957. 156 с.
27. Соломенцев Ю.М., Кузьмин В.В. Принципы построения автоматизированной

системы оценки технологичности конструкций изделий машиностроения // Вестник машиностроения 1983 № 3 С 46 – 51

28 **Технико-экономический** анализ машин и приборов / Ю Н Мымрин, К А Грачева, Ю В Скорцов и др., Под ред М И Ипатова и В И Постникова М Машиностроение, 1985 248 с

29 **Технологичность** конструкций изделий Справочник / Ю Д Амиров и др 2-е изд., перераб и доп М Машиностроение, 1990 768 с

30 **Технологичность** конструкций Справочное пособие / Под ред С Л Ананьева и В П Купровича 3-е изд., перераб и доп М Машиностроение, 1969 423 с

31 **Яиовский Г.А., Генкин С.И.** Методика отработки конструкций на технологичность и оценка уровня технологичности изделий машиностроения и приборостроения М Изд-во стандартов, 1976 55 с

Глава 2.3

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Разработка технологических процессов (ТП) механической обработки имеет целью дать подробное описание процессов изготовления детали с необходимыми технико-экономическими расчетами и обоснованиями принятого варианта из возможных. В результате составления технологической документации инженерно-технический персонал и рабочие получают необходимые данные и инструкции для реализации разработанного ТП на предприятии. Технологические разработки определяют необходимые средства производства для выпуска изделий (оборудование и средства технологического оснащения (СТО), режущий обрабатывающий и контрольный инструмент), трудоемкость и себестоимость изготовления изделий. Все это служит основой для организации снабжения основными и вспомогательными материалами, календарного планирования, технического контроля, инструментального и транспортного обеспечения, а также для определения производственных площадей, потребных энергетических ресурсов, рабочей силы.

ТП разрабатывают при проектировании новых и реконструкции существующих заводов, а также при организации производства

новых объектов на действующих предприятиях или коррекции процесса изготовления уже освоенной продукции при конструктивных усовершенствованиях последней. При организации производства новых объектов на действующих заводах разработка ТП предшествует подготовительным и организационным работам. При проектировании новых и реконструкции действующих предприятий ТП являются основой проекта.

2.3.1 ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Стандартами ЕСТПП установлены следующие виды технологических процессов в зависимости от условий производства и назначения единичный ТП и унифицированные. Вид технологического процесса определяется количеством изделий, для которых данный процесс изготовления разработан.

Единичный технологический процесс создается для изготовления изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от количества их в партии.

Единичные ТП разрабатывают для оригинальных изделий, которые не имеют общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготавливаемыми на предприятии.

Унифицированный технологический процесс разрабатывается для производства группы однотипных изделий или разнотипных деталей.

Унифицированные ТП создают для группы изделий, характеризующихся общностью конструктивных и технологических признаков. Унифицированные процессы подразделяются на типовые и групповые.

Типовой ТП характеризуется общностью содержания и последовательности большинства технологических операций группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой ТП состоит из комплекса групповых технологических операций и представляет процесс обработки заготовок различной формы на специализированных рабочих местах в последовательности изготовления определенной группы изделий. Процесс изготовления может идти при общей наладке и частичных подналадках оборудования для отдельных заготовок группы. Групповой ТП может состоять из одной групповой операции. Групповая технологическая операция характеризуется общностью используемого оборудо-

вания, технологической оснастки и наладки при незначительных подналадках СТО

Каждый вид технологических процессов характеризуется следующими признаками

- а) основным назначением процесса,
- б) степенью детализации содержания

По первому признаку виды технологических процессов бывают рабочими и перспективными Рабочие технологические процессы разрабатывают для изготовления конкретных изделий в соответствии с техническими требованиями, содержащимися в технической документации для условий существующего или проектируемого предприятия

Рабочий ТП – процесс, выполняемый по рабочей технологической или (и) конструкторской документации Рабочий ТП разрабатывают только на уровне предприятия для изготовления или ремонта конкретного предмета производства Рабочие процессы создают по унифицированным, перспективным или единичным ТП

Перспективный ТП – процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии

Перспективные технологические процессы рассчитаны на применение более современных методов обработки, более производительных и экономически эффективных средств технологического оснащения, а также на изменение принципов организации производства изделий

По степени детализации содержания виды технологических процессов различают 1) маршрутные, 2) операционные, 3) маршрутно-операционные

Комплексный ТП – процесс, в состав которого включены не только технологические операции, но и операции по перемещению, контролю и очистке обрабатываемых заготовок Комплексные ТП разрабатывают при создании автоматических линий и гибких автоматизированных производственных систем

2.3.2 ПРИМЕНЕНИЕ ВИДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Единичные технологические процессы разрабатывают и применяют для сложных изделий, изготовление которых уникально Такие процессы могут служить также аналогами для разработки технологических процессов изготовления подобных изделий, но не более

Типовые технологические процессы применяют

– как информационную базу для разработки рабочего технологического процесса изготовления конкретных изделий

– как основу при создании стандартов (отраслевых, заводских) на типовые технологические процессы,

– как рабочий технологический процесс при наличии всей необходимой информации для изготовления изделий (в частности полной размерной характеристики изготавливаемых деталей)

Рабочие технологические процессы служат информационной основой и руководством для изготовления определенного изделия с конкретными техническими требованиями (по точности, качеству обработки, параметрам поверхностного слоя и размерам деталей) Перспективные технологические процессы применяют как информационную основу, как исходные руководящие данные при разработке технологических процессов при проектировании новых, техническом перевооружении действующих и организационной перестройке существующих производств

2.3.3 РАЗРАБОТКА ЕДИНИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Исходные данные и этапы разработки единичных технологических процессов. Исходную информацию для разработки ТП подразделяют на базовую, руководящую и справочную

При разработке ТП для новых заводов или производств базовыми исходными данными являются рабочий чертеж, на котором указаны материалы, конструктивные формы и размеры детали, технические условия и требования на изготовление детали, определяющие точность и качество обрабатываемых поверхностей, особые требования, оговаривающие, например, твердость отдельных поверхностей детали, структуру материала некоторых участков изделия, виды термической обработки, необходимость балансировки, объем выпуска изделий, который включает количество необходимых для сборки изделия деталей и запасных частей, планируемый интервал времени выпуска изделий и запасных частей Если выпуск во времени неравномерный, то его указывают по годам или другим периодам времени

При разработке ТП для действующих или реконструируемых заводов в дополнение к

вышеуказанным базовым данным необходимо также располагать сведениями о наличии оборудования, СТО, производственных площадей и других местных условий. При этом возможности технолога могут быть ограничены, в частности, существующими на предприятии технологическими методами получения заготовки и механической обработки.

Справочная информация включает нормативные материалы, каталоги и паспорта технологического оборудования, альбомы СТО, ГОСТы и нормы на режущий и измерительный инструменты, нормативы точности, шероховатости, расчета припусков, режимов резания и технического нормирования времени, тарифно-квалификационные справочники и другие нормативные материалы.

Руководящая информация содержит данные о перспективных ТП в отрасли, стандарты на ТП и их документацию, основные требования по состоянию и перспективам развития производства на предприятии. Степень подробности технологических разработок зависит от типа производства.

Разработку ТП выполняют в соответствии с принципами принятия проектных решений. Задачу эту решают в определенной последовательности взаимосвязанных этапов. Содержание этапов следующее:

1. Анализ технических требований и условий изготовления изделия на данном предприятии (устанавливают возможности получения и контроля конструктивных и технологических параметров детали и выявляют технологические задачи).

2. Определение типа производства и методов работы по программе выпуска и планируемому интервалу времени выпуска изделия данной конструкции и технологических признаков.

3. Технологический контроль чертежа детали на соответствие требованиям технологичности для условий данного или проектируемого предприятия.

4. Выбор вида заготовки и методов ее получения.

5. Выбор маршрутов обработки отдельных поверхностей заготовки (последовательности переходов, обеспечивающих получение требуемой по рабочему чертежу точности и качества поверхностного слоя от заготовки до конечных характеристик каждой поверхности детали).

6. Составление маршрута изготовления детали с выбором схемы установки, определением последовательности выполнения технологических операций, а при необходимости и операций, например, по транспортированию изделий, а также с выбором типа оборудования и оснастки.

7. Расчет припусков и определение промежуточных размеров по переходам и исходных размеров заготовок.

8. Определение содержания технологических операций: схемы построения операций; режимов выполнения технологических переходов; точности получения размеров, формы и расположения поверхностей; модели технологического оборудования, СТО (например, приспособлений, режущих инструментов), нормы времени на выполнение операций.

9. Определение технико-экономических показателей созданных вариантов ТП, из которых далее выбирают наиболее рациональный.

10. Оформление необходимой для данного типа и условий производства технологической документации.

Анализ технических требований чертежа, выявление технологических задач и условий изготовления детали. Разработке ТП предшествует подробное изучение рабочего чертежа детали и условий ее работы в изделии, сборочной единицы. Деталь входит составной частью в изделие, и ее размеры являются звеньями сборочных размерных цепей или оказывают влияние на характеристики качества сборочных сопряжений.

Рабочий чертеж должен давать полное представление о детали, иметь достаточное количество проекций, разрезов и видов; размеры всех поверхностей с допусками на их выполнение; технические требования по форме и расположению поверхностей, а также по их специфическим свойствам (например, твердости поверхностного слоя и его глубине). Чертеж должен соответствовать стандартам ЕСКД.

Технические требования на изготовление детали содержат:

- предельные отклонения размеров и шероховатости поверхностей;
- допуски формы, плоскостности, некруглости и профиля сечений;
- допуски расположения, параллельности плоскостей, соосности шеек вала, симметричности профиля сечений;
- вид термической обработки и твердость рабочих поверхностей, вид покрытия;

– специфические свойства (необходимость балансировки, допустимую неуровненность).

Анализ качества поверхностного слоя и точности размеров, формы и расположения поверхностей, а также других требований к детали предполагает рассмотрение их со следующих позиций:

1) обоснованность назначения требований, исходя из эксплуатационных условий, характеристик машины или сборочной единицы (устанавливают, не завышены ли эти требования при создании конструкции детали);

2) возможность достижения заданных точности и качества, других технических требований известными и имеющимися на предприятии технологическими методами обработки;

3) возможность проверки выполнения назначенных рабочим чертежом требований к поверхностям известными методами контроля (для требований по расположению поверхностей разрабатывают схемы их контроля).

При рассмотрении технических требований выявляют технологические задачи получения данной детали. Для этого выделяют наиболее ответственные поверхности, совокупность требований к которым определяет заключительные методы и маршрут обработки, необходимое технологическое оборудование. Специфические требования к изготовлению детали требуют наличия в маршруте обработки соответствующих операций (например, операций по динамической балансировке детали). Анализ технических требований по расположению осей отверстий, плоскостей и других поверхностей деталей устанавливает технологические задачи по выбору поверхностей заготовки для базирования при обработке, схем базирования и закрепления заготовок в операциях, схем выполнения обработки заданного профиля детали, а также типов приспособлений и режущих инструментов.

Разработка ТП для существующих производств предполагает тщательное изучение условий работы предприятия. Устанавливают наличие производственных площадей, на которых размещено оборудование, необходимое для изготовления проектируемого изделия; определяют возможности модернизации технологического оборудования и расширения производственных площадей для увеличения объемов выпуска изделий; выясняют возможности действующего предприятия по применению новых технологических методов получе-

ния заготовок, прогрессивного вспомогательного и режущего инструмента, а также СТО.

Для существующего производства по технологическим классификаторам заготовок анализируют возможность изготовления данной заготовки по действующим на предприятии типовым или групповым ТП. Если такой возможности нет, то после проведения вышеперечисленной подготовительной работы технолог приступает к разработке единичных ТП.

Определение типа производства и метода работы. Установление типа производства необходимо при разработке ТП для новых производств или заводов. В условиях массового или серийного производств размер программы выпуска изделий служит основой для установления такта, или ритма выпуска продукции, обеспечивающего изготовление данной программы в срок.

На этапе проектирования (см. этап 2) тип производства можно определить лишь ориентировочно. При проектировании механических цехов и участков изготовления деталей можно руководствоваться данными табл. 2.3.1. При известной годовой программе по чертежу детали оценивают размеры изделия, что в итоге позволяет ориентировочно выбрать тип производства изготовления заданной продукции.

Серийность производства оценивают также по коэффициенту закрепления операций $K_{з.о.}$

2.3.1. Количество изготавливаемых в год деталей одного наименования и типоразмера для различных производств

Тип производства	Крупные изделия тяжелого машиностроения	Изделия	
		средних размеров	мелких размеров
Единичное	< 5	< 10	< 100
Мелко-серийное	5...100	10...200	100...500
Средне-серийное	100...300	200...500	500...5000
Крупно-серийное	300...1000	500...5000	5000...50 000
Массовое	1000	5000	50 000

Значение коэффициента $K_{3,0}$ на этой стадии разработки процессов обработки вычисляют по формуле

$$K_{3,0} = t_d / t_{ш},$$

где $t_{ш}$ — среднее штучное время по операциям; t_d — такт выпуска, определяемый по формуле:

$$t_d = 60 \Phi_d / N,$$

где Φ_d — действительный фонд времени в планируемом периоде, ч; N — объем выпуска за тот же период, шт.

Для нахождения $t_{ш}$ нужно либо выполнить нормирование по укрупненным нормам, либо использовать данные трудоемкости существующей на производстве аналогичной детали. Среднее штучное время рассчитывают по формуле

$$t_{ш} = t_{ш,i} / n,$$

где $t_{ш,i}$ — штучное время i -й операции изготовления детали; n — число основных операций в маршруте.

При вычислении $t_{ш}$ следует брать в расчет лишь основные операции, исключая, например, операции термообработки, зачистки заусенцев, маркирования и промывки детали. Кроме того, если отдельные операции имеют $t_{ш,i}$, значительно превышающее t_d , и их выполняют на нескольких станках-дублерах (например, операции получения зубчатого профиля), то при определении $t_{ш}$ для таких операций в качестве $t_{ш,i}$ следует взять значение t_d , так как иначе может быть получено завышенное среднее штучное время для операций разрабатываемого процесса.

По значению $K_{3,0}$ можно принять решение о типе производства. Если, например, $K_{3,0}$ лежит в пределах от 1 до 2, то ориентировочно можно принять массовое производство.

Для крупносерийного производства $1 < K_{3,0} \leq 10$; для серийного $10 < K_{3,0} \leq 20$; для мелкосерийного $20 < K_{3,0} \leq 40$; для единичного производства характерно разнообразие операций на каждом рабочем месте $K_{3,0} > 40$.

Решение по типу производства, установленное с помощью коэффициента $K_{3,0}$, сравнивают с типом производства, выбранным по табл. 2.3.1. При несовпадении решений следует принять тип производства, выбранный по коэффициенту закрепления операций.

Кроме типа производства для проектирования ТП необходимо установить еще и метод работы. На современных предприятиях изготовление основных деталей производят поточным методом, при котором СТО располагают в последовательности выполнения операций ТП со специализацией рабочих мест.

Поточные линии объединяют все рабочие места в единый производственный механизм. Бесперебойную работу линии обеспечивают:

а) тщательно разработанной технологией производства изделий, с ритмичной работой всех звеньев в соответствии с тактом выпуска t_d ;

б) планомерным снабжением рабочих мест заготовками, для чего организуют межоперационные запасы (заделы) заготовок для случаев вынужденной остановки отдельных станков линии;

в) перемещением обрабатываемых заготовок от одного места к другому в последовательности выполнения операций вручную (например, тележками) либо транспортирующими механизмами (например, конвейером).

Поточный метод организации работы сокращает цикл производства (обработка, хранение и транспортировка изделий), межоперационные заделы и объемы незавершенного производства; обеспечивает применение высокопроизводительного оборудования и комплексной автоматизации изготовления деталей, включая термическую обработку, нанесение покрытий, мойку, контроль и т.п.; снижает трудоемкость и себестоимость изделий; позволяет более просто планировать и управлять производством.

В серийном производстве используют различные поточные методы работы. Это могут быть и непрерывно-поточные линии массового производства (в пределах одной партии из сменяемых изделий), и прямоточные линии, где движение определенных деталей по цепочке станков, установленных по ходу ТП, осуществляют хотя и прерывисто, но в целом прямоточно. Для повышения загрузки оборудования в серийном производстве применяют переменнo-поточные и групповые линии. При переменнo-поточной обработке за каждым станком линии закреплено выполнение нескольких операций для технологически и конструктивно однотипных деталей, которые обрабатывают попеременно. Запуск новой заготовки осуществляют после переналадки поточной линии в перерыве между сменами. Приспособления переменнo-поточных линий конструируют так, чтобы в них можно было устанавливать всю закрепленную группу заготовок.

В групповых поточных линиях каждый станок выполняет операции разных технологических маршрутов. Обработку ведут без переналадки станка. Это обеспечивается применением специальных многоместных приспособлений и единого обрабатывающего инструмента для обработки однотипных поверхностей у группы заготовок.

Используя поточный метод работы, определяют отношение среднего штучного времени $t_{ш}$ для основных операций с действительным тактом выпуска деталей t_d :

$$K_{зоб} = t_{ш} / t_d.$$

При коэффициенте загрузки рабочих мест $K_{зоб} > 0,6$ принимают поточный метод работы. При разработке ТП для поточных линий необходимо установить тип линии (непрерывная, проточная, переменнo-поточная, групповая), последовательность обработки деталей на линии, способ транспортирования изделия по рабочим местам линии, степень технологической специализации и способы переналадки рабочих мест.

Технологический контроль конструкторской документации. Общие технологические требования к конструкции деталей машин можно сформулировать следующим образом: конфигурация детали должна представлять собой сочетание простых геометрических форм, обеспечивающих удобную, надежную базу для установки заготовки в процессе ее обработки и дающих возможность применения высокопроизводительных технологических методов изготовления. Заданная точность и шероховатость поверхностей детали должны быть строго обоснованы ее служебным назначением. Необоснованно завышенные требования к точности и шероховатости приводят к необходимости вводить дополнительные технологические операции, удлиняют цикл обработки, увеличивают трудоемкость изготовления и повышают себестоимость детали.

Стандартизация и унификация деталей и их элементов увеличивают серийность выпуска, унифицируют станочные наладки и тем самым уменьшают трудоемкость процесса производства и себестоимость изготовления деталей машин.

Технологические требования к конструкции деталей машин продиктованы как технологией производства заготовок, так и технологией их последующей обработки.

Технологическим контролем называется инженерная проверка конструкторской доку-

ментации на соответствие требованиям технологичности.

Конструкторская документация не регламентирует методы и способы изготовления изделия и последовательное их применения. Это задача технологической документации. Но данные, содержащиеся в конструкторской документации, в значительной степени влияют на их выбор и применение. Например, если в графе "материал" основной надписи чертежа указана какая-либо марка серого чугуна, то это автоматически предопределяет, что заготовка детали должна быть изготовлена методом литья, конкретизация которого будет сделана в технологической документации, т.е. в общем случае концепция технологии изготовления заготовки предопределена чертежом детали и технолог не вправе ее изменять. Поэтому взаимная увязка и согласование конструкторской и технологической документации необходимы и обязательны.

Разработчик должен учитывать технологические требования в конструкторской документации на всех стадиях проектирования изделия, т.е. до начала разработки ТП. Проверка учета конструктором этих требований в полном объеме и составляет задачу технологического контроля. Различают несколько форм технологического контроля:

внутренний – проверка конструкторской документации, проводимая во время ее разработки специалистами организации, занимающейся этой разработкой;

внешний – проверка конструкторской документации, проводимая во время ее разработки технологами завода, на котором предполагается изготовление разрабатываемого изделия;

входной – проверка конструкторской документации, проводимая после завершения рабочего проекта специалистами предприятия-изготовителя для ТПП и последующего изготовления изделий. Результаты технологического контроля подписывает лицо, осуществляющее контроль.

Основу технологического контроля на всех этапах разработки рабочей конструкторской документации составляют методы сравнительной качественной оценки. Сущность их сводится к сравнению (сопоставлению) контролируемого конструкторского решения с решением, принятым за эталон. На основе такого сравнения в первом приближении делается оценка "хуже" или "лучше". При наличии достаточной информации эта оценка может быть углублена до оценочных характеристик типа "хорошо", "плохо" или "рационально",

"нерационально". Также она может содержать и элементы количественной оценки.

В качестве эталона используют изделие-аналог, типовую или комплексную конструкцию. Изделие-аналог следует, как правило, подбирать из числа изделий, находящихся в серийном производстве. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы анализируемое изделие и аналог были подобны по геометрической форме и размерам, иногда достаточно ограничиться подбором аналога, имеющего подобие только по отдельным элементам.

Понятия типовой и комплексной конструкции широко используют при разработке ТП. *Типовая конструкция* – это конструкция представителя определенной классификационной группы изделий, близких по своему конструктивному исполнению.

Комплексная конструкция – это конструкция изделия (детали), объединяющая группу изделий (деталей) таким образом, что любое из них имеет одинаковые с ней форму, поверхности и базы.

Типовым конструкциям соответствуют типовые ТП, комплексным – групповые ТП. Перед началом проектирования конструктор должен иметь готовые принципиальные ТР для определенных групп (классов) изделий, образованных по признакам тождества или подобия и учитывать эти решения при разработке конструкции. Если конструктор при разработке включил новое изделие в определенную классификационную группу по результатам сравнения его с типовой или комплексной конструкцией, он тем самым определил основы технологического проектирования этого изделия. Факт учета признака тождества или подобия при конструировании изделия должен быть зафиксирован при технологическом контроле и сообщен службе ТПП предприятия, на котором это изделие будут изготавливать.

Технологический контроль можно также выполнять путем сопоставления конструктивного исполнения изделия с нормативно-технологическими требованиями к нему. Применение таких нормативных документов позволяет упростить процесс конструирования, так как представляется возможным своевременно и задолго до предоставления рабочих конструкторских документов на технологический контроль учитывать в них действующие технологические нормы и требования к конструкции изделия, а также систематизированные данные прошлых проверок и типовые реко-

мендации специалистов, осуществляющих технологический контроль. В этих условиях целесообразна организация выборочного технологического контроля, при котором специалисты, осуществляющие контроль, должны систематизировать и обобщить типовые решения, предлагаемые ими при технологическом контроле. Эти обобщения, как правило, представляются в виде различного рода руководящих материалов на уровне объединения или предприятия (первичная стандартизация технологических требований) и доводится до сведения конструкторов задолго до проведения технологического контроля.

Сопоставление изделий-аналогов с рабочим чертежом детали позволяет выявить возможности улучшения технологичности конструкции данного изделия. При технологическом контроле стремятся к следующему:

- 1) уменьшить размеры обрабатываемых поверхностей, что снижает трудоемкость изготовления;

- 2) повысить жесткость конструкции детали для возможности применения многоинструментальной обработки, многолезвийных инструментов и повышенных режимов резания;

- 3) обеспечить удобный подвод и отвод режущих инструментов для уменьшения вспомогательного времени;

- 4) унифицировать или свести к минимуму типоразмеры пазов, канавок, переходных поверхностей (например, галтелей, фасок на цилиндрических поверхностях) и отверстий для сокращения номенклатуры режущих инструментов;

- 5) обеспечить надежное и удобное базирование заготовки с возможностью совмещения технологических и измерительных баз.

Выполнение этих и многих других требований по обеспечению технологичности детали должен проверить технолог при технологическом контроле конструкторской документации.

В результате улучшения технологичности конструкции может быть получено снижение себестоимости и трудоемкости выполнения процессов механообработки. Целесообразность изменения конструкции детали можно также установить с помощью относительных показателей, приведенных в табл. 2.3.2

Выбор заготовок и методов их изготовления. *Заготовка* – это предмет производства, из которого изменением формы и размеров, свойств материала и шероховатости поверхности изготавливают деталь или неразъемную сборочную единицу – узел.

2.3.2. Показатели технологичности конструкции детали

Показатель	Формула расчета
<i>Основные показатели</i>	
Трудоемкость изготовления	$T_d = \sum_{i=1}^n t_{ш i},$ где n – число операций в маршруте изготовления деталей; $t_{ш i}$ – штучное время изготовления при выполнении операции, ч
Технологическая себестоимость изготовления детали	$C_{т.д}^* = M_o + 3_o + Ц,$ где M_o – стоимость основных материалов за вычетом стоимости реализуемых отходов; 3_o – заработная плата основных производственных рабочих; $Ц$ – цеховые расходы
Уровень технологичности по трудоемкости изготовления детали	$K_{у.т.д} = T_d / T_{д.б},$ где $T_{д.б}$ – трудоемкость базового (например, заводского, отраслевого) варианта изготовления детали, ч
Уровень технологичности по себестоимости изготовления детали	$K_{у.с.д} = C_{т.д} / C_{т.д.б},$ где $C_{т.д.б}$ – технологическая себестоимость базового варианта изготовления детали

Дополнительные показатели

Коэффициент удельной трудоемкости детали	$K_{уд.т} = T_d / M_d,$ где M_d – масса детали, кг
Коэффициент удельной технологической себестоимости детали	$K_{уд.с} = C_{т.д} / M_3,$
Коэффициент использования материала	$K_{и.м} = M_d / M_3,$ где M_3 – масса заготовки, кг
Коэффициент точности обработки детали	$K_{тч.д} = 1 - 1/\bar{A},$ где $\bar{A}$ – средний квалитет точности детали $\bar{A} = \frac{n_5 + n_6 + n_7 + \dots + n_j}{5n_5 + 6n_6 + 7n_7 + \dots + j n_j},$ где n_j – число размеров детали квалитета j

Продолжение табл. 2.3.2

Показатель	Формула расчета
Средняя шероховатость поверхностей	$Ra = \sum_{i=1}^k Ra_i / k,$ где Ra_i – шероховатость i-й поверхности, k – число поверхностей детали
Коэффициент унификации элементов конструкции	$K_y = N_y / N,$ где N_y – число унифицированных конструктивных элементов детали, N – число конструктивных элементов детали

* При расчете технологической себестоимости учитывают только переменные статьи расходов

Выбрать заготовку – это значит определить ее рациональный вид, устанавливающий конфигурацию заготовки, напуски, уклоны, толщину стенок, размеры отверстий, припуски на обработку, размеры заготовки, допуски на точность их выполнения, назначить технические условия на выполнение заготовки и выбрать оборудование.

Конфигурация заготовки вытекает из конструкции детали и определяется ее размерами и материалом, условиями работы детали в машине с учетом статических, динамических, температурных и других нагрузок.

Конструктор, назначая технические требования, предъявляемые к деталям, часто задает метод изготовления заготовки до определенного вида производства. В настоящее время число этих методов для каждого вида производства (литья, обработки давлением, прокатки, порошковой металлургии и др.) исчисляется многими десятками.

На основании рабочего чертежа детали технолог заготовительного цеха совместно с технологом механического цеха разрабатывают исходный чертеж заготовки, который в дальнейшем используют для разработки ТП ее изготовления и при проектировании технологической оснастки (штампов, пресс-форм, моделей, форм и др.). Этот чертеж является также исходным документом для разработки ТП механической обработки заготовки. Рабочий чертеж детали в процессе всей работы остается основным и контрольным документом технологической документации. При проектировании сложных и ответственных деталей в этой

работе принимает участие конструктор изделия.

Технолог в процессе обработки детали на технологичность обязан проверить обоснованность принятых конструктором решений. Он может рекомендовать конструктору изменить вид заготовки, метод ее изготовления для совершенствования ТП изготовления заготовки в связи с увеличением программы выпуска, отсутствием оборудования на заводе, из-за возможности получения заготовки по кооперации или в связи с другими обстоятельствами.

Перечислим факторы, влияющие на выбор процесса и метода изготовления заготовки.

1 *Технологическая характеристика материала*, его свойства, определяющие возможность применения литья, пластической деформации, сварки, порошковой металлургии.

Так, низкая жидкотекучесть и высокая склонность материала к усадке исключают его применение для литья в кокиль или литья под давлением из-за низкой податливости металлических форм. Сплавы, склонные к ликвации (неоднородность по химическому составу в сечении отливки), не применяют для центробежного литья и литья под давлением. Склонность сплава к поглощению газов вызывает на поверхности отливок пористость, что исключает изготовление отливок с гладкой, чистой поверхностью.

Для деформируемых материалов технологической характеристикой является пластичность, а для заготовок, получаемых сваркой или порошковой металлургией, – свариваемость материалов.

2 Физико-механические свойства материала в процессе формоизменения С целью их повышения в процесс вводят методы, обеспечивающие изготовление поковок с мелкозернистой и направленной волокнистой структурой, создают направленную кристаллизацию путем охлаждения форм, вакуумируют расплавы, используют комбинированные заготовки, позволяющие изготавливать нагруженные элементы конструкций из легированной стали, применяют другие мероприятия, вызывающие структурные изменения материала заготовок

3 Конструктивные формы, размеры детали, ее масса В процессе отработки детали на технологичность, конструктивные формы упрощают для реализации выбранного метода изготовления исходной заготовки, проверяют соответствие напусков, уклонов, сопряжений, толщин стенок, правильность выбора разъемов штампов и форм Основная цель при этом — возможность беспрепятственного заполнения металлом формы или штампа с последующим легким извлечением заготовки При этом руководствуются ГОСТ 26645—85 для отливок и ГОСТ 7505—89 для поковок

Размеры детали, ее масса оказывают решающее значение при выборе ряда прогрессивных методов, таких, как литье под давлением, в кокиль, по выплавляемым моделям, горячая объемная штамповка Их применение ограничено техническими возможностями метода

4 Объем выпуска В единичном и мелкосерийном производствах в качестве заготовок применяют отливки, изготовленные в песчано-глинистых формах, поковки, полученные ковкой, и заготовки из горячекатаного проката Все они имеют большие припуски и напуски Стоимость материала заготовки составляет до 50 % себестоимости детали

В крупносерийном и массовом производствах применяют заготовки, изготовленные специальными методами, которые уменьшают припуски на механическую обработку в среднем на 25—30 %

5 Наличие технологического оборудования, литейного, кузнечного, сварочного и других производств, возможность получения заготовок от специализированных заводов по кооперации

Большая номенклатура деталей машин, разные технические требования, предъявляемые к ним, требуют разработки разнообразных вариантов ТП и методов изготовления заготовок Это делает задачу оптимального выбора заготовок сложной

Опыт показывает, что, как правило, несколько методов могут обеспечить технические и экономические требования, предъявляемые к заготовке, но выбрать необходимо вариант с лучшими качественными характеристиками

Выбор маршрутов обработки отдельных поверхностей детали. Качество детали обеспечивают постепенным ужесточением параметров точности и выполнением остальных технических требований на этапах превращения заготовки в готовую деталь Точность и качество поверхностного слоя отдельных поверхностей формируют в результате последовательного применения нескольких методов обработки

Ряд методов обработки или технологических переходов, необходимых для получения каждой поверхности детали и расположенных в порядке повышения точности, образуют маршруты обработки отдельных поверхностей Такие маршруты необходимы для расчета промежуточных и общих припусков на механическую обработку, а также промежуточных размеров заготовки по технологическим переходам

Маршрут обработки назначают на основании технических требований чертежа детали и чертежа заготовки, начиная с выбора метода окончательной обработки, обеспечивающей заданные чертежом детали точность и состояние поверхностного слоя

Ориентируясь на таблицы точности и качества поверхностных слоев при обработке и учитывая конфигурацию обрабатываемой поверхности, материал, массу и другие факторы, устанавливают для нее метод окончательной обработки При этом возможны несколько видов обработки, обладающих примерно одинаковыми технологическими показателями При известном способе получения заготовки таким же образом определяют первоначальный метод обработки в маршруте (или несколько равноценных ему) Выбрав окончательный и первый методы обработки поверхности в маршруте, назначают промежуточные При этом предполагают, что каждому методу окончательной обработки может предшествовать один или несколько возможных предварительных Например, тонкому растачиванию отверстия предшествует чистовое, а чистовому — черновое растачивание или черновое зенкерование литого отверстия При проектировании маршрута руководствуются тем, что каждый последующий метод обработки должен быть точнее предыдущего

Число этапов обработки (предварительной, промежуточной, окончательной) зависит не только от точности размеров, например диаметральных, но и от уровня относительной геометрической точности формы поверхности (допусков цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, плоскостности). При высокой относительной геометрической точности поверхности деталей промежуточных этапов обработки больше, чем при нормальной. Менее точная заготовка, вернее ее рассматриваемая поверхность, потребует большего числа этапов обработки по сравнению с более точной заготовкой. У заготовок высокой точности может быть достаточной однократная обработка поверхностей. На число этапов обработки может влиять и необходимость выполнения термической обработки, которая может вытекать не только из требований чертежа, но и из условий улучшения обрабатываемости материала. Термическая обработка вызывает деформации заготовки в целом и коробление отдельных ее поверхностей, поэтому для уменьшения их влияния на точность предусматривают дополнительную механическую обработку.

Отклонение промежуточного размера поверхности и качество поверхностного слоя, полученные на смежном предшествующем этапе обработки, должны находиться в преде-

лах, при которых можно применять намечаемый последующий метод обработки. После чернового растачивания нельзя применять, например, тонкое растачивание, так как для устранения погрешности предшествующей обработки расточной резец будет работать с большой неравномерностью припуска, которая значительно превышает заданную глубину резания. Построение маршрута обработки на последующих этапах проектирования ТП изготовления детали связано с определением промежуточных и общего припусков на рассматриваемую поверхность. Число вариантов маршрута обработки рассматриваемой поверхности, удовлетворяющих техническому принципу, может быть весьма большим. Все варианты, однако, различны по эффективности (производительности) и рентабельности. Определение окончательного варианта по этим показателям важно, но сложно и трудоемко.

Приведем случай построения вариантов маршрута обработки сквозного отверстия по 7-му качеству точности (рис. 2.3.1). Отверстие диаметром $42 \pm 0,32$; $R_z = 160$ мкм в заготовке из серого чугуна получено литьем по 6-му классу точности (ГОСТ 26645–85). В корпусной детали нужно получить сквозное отверстие диаметром $50 \pm 0,21$; $R_a = 0,63$ мкм.

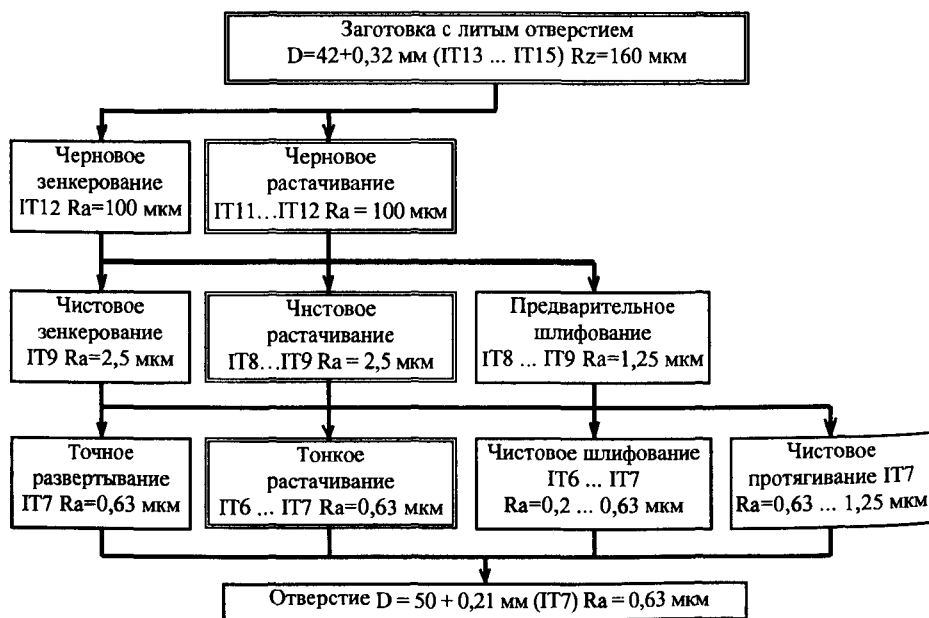


Рис. 2.3.1. Варианты построения маршрута обработки отверстия (двойной рамкой помечены виды обработки в принятом маршруте)

В качестве предварительной обработки можно назначить черновое зенкерование или черновое растачивание, а в качестве окончательной, обеспечивающей требуемые точность и шероховатость поверхности, – точное развертывание, тонкое растачивание, чистовое шлифование или чистовое протягивание. Характеристики точности и качества поверхности для различных видов обработки устанавливаются по технологическим справочникам.

Для рассматриваемого случая (см. рис. 2.3.1) возможны 24 различных маршрута обработки отверстия. Маршрут выбирают приближенно, оценивая трудоемкость сопоставляемых вариантов по суммарному основному времени обработки и используя для расчета нормативные материалы. Более точно маршрут можно выбрать при сравнении суммарной себестоимости обработки по его различным вариантам. Решение этой задачи может быть облегчено сравнением с рекомендуемыми типовыми маршрутами обработки основных поверхностей заготовок соответствующих деталей машин. Число вариантов можно уменьшить с учетом некоторых обстоятельств. Это, например:

- возможность обработки данной поверхности на одном станке за несколько последовательных переходов (снижение погрешности обработки и времени на переустановку заготовки);
- ограничение применения других методов обработки из-за недостаточной жесткости заготовки или из-за конфигурации заготовки;
- необходимость обработки данной поверхности совместно с другими поверхностями заготовки (например, для достижения большей точности их взаимного расположения);
- ограничение по стабильности точности выдерживаемых размеров в условиях крупносерийного и массового производства – растачивание отверстий дает более стабильные результаты точности диаметральных размеров, чем внутреннее шлифование отверстий, в свою очередь, развертывание отверстий превосходит по этому показателю растачивание резцом;
- необходимость обеспечения заданной производительности также является ограничителем применения тех или иных видов и методов обработки;
- ограничение на виды и методы механической обработки вносит и термическая обработка материала заготовки, например закалка шеек заготовки вала приводит к резкому увеличению твердости поверхностного слоя и исключает, как правило, лезвийную обработку.

Составление маршрута изготовления детали. На данном этапе разработки ТП решают следующие взаимосвязанные задачи:

- выбор последовательности выполнения операций при изготовлении детали;
- выбор схем установки заготовки в технологических операциях;
- выбор типов оборудования и СТО (приспособлений, обрабатывающих и вспомогательных инструментов).

В соответствии с ЕСТД маршрутное описание ТП, при котором производят сокращенное изложение всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов, но с указанием типа оборудования, обычно является основным в единичном и мелкосерийном производствах и сопроводительным (дополнительным) в других типах производств.

Выбор схем установки заготовки. Перед обработкой заготовки на станках необходимо выполнить процедуру ее базирования и закрепления, другими словами – установку заготовки. Поэтому выбор схем установки заготовки неразрывно связан с маршрутом ее изготовления и для такого выбора следует ясно представлять общий (укрупненный) план обработки заготовки. На последующих этапах проектирования маршрут детализируют, развивают и уточняют.

Исходными данными при выборе схем установки являются рабочий чертеж детали, чертеж заготовки, технические требования на изготовление детали и заготовки, степень автоматизации ТП. Сначала выбирают технологические базы и принципиальную схему установки, которые определяются геометрической формой детали и заготовки, расположением обрабатываемых поверхностей и их координатной (размерной) увязкой между собой и по отношению к необрабатываемым поверхностям.

При этом необходимо учитывать следующие обстоятельства:

- возможность подвода режущего инструмента к поверхностям, подлежащим обработке;
- удобство установки и снятия заготовки;
- надежность и удобство ее закрепления в выбранных местах приложения сил закрепления;
- исключение деформации изгиба заготовки от выбранной схемы ее закрепления.

В зависимости от геометрической формы заготовки применяют различные схемы установки, отличающиеся между собой формой и расположением технологических баз, числом опорных точек на каждой из них, числом лишаемых степеней свободы и схемой закрепления заготовки. Выбор схемы установки заготовки облегчается использованием типовых схем базирования. Рассмотрим их более подробно.

Установку на плоскости (рис. 2.3.2, а – в) применяют при обработке заготовок станин, корпусов, плит, рам, кронштейнов. При этом заготовку можно базировать на три взаимно перпендикулярные плоскости по схеме $P_1^3 \perp P_2^2 \perp P_3^1$ (см. рис. 2.3.2, а), лишив ее шести степеней свободы, что обеспечивает, в свою очередь, автоматическое получение размеров x, y, z по трем направлениям осей системы координат. Если заготовку ориентировать по двум взаимно перпендикулярным плоскостям по схеме $P_1^3 \perp P_2^2$ (см. рис. 2.3.2, б), то, лишив ее пяти степеней свободы, можно обеспечить автоматическое получение размеров x, y по двум направлениям. Когда же при обработке, например, плоскости на фрезерном станке, необходимо автоматически выдерживать один размер, заготовку базируют на одну плоскость (см. рис. 2.3.2, в) по схеме P^3 .

Установку заготовок на наружную поверхность вращения и перпендикулярную к ее оси плоскость (рис. 2.3.2, г – е) осуществляют при обработке заготовок деталей типа "тело вращения": валов, осей, штоков, поршней, плунжеров и т.п. Для заготовок, обрабатываемых на токарных и круглошлифовальных станках и вращающихся относительно продольной оси, применяют установку в патроны (см. рис. 2.3.2, г) по схеме $PВН^4 \perp P^1$, лишая их по наружной поверхности вращения четырех степеней свободы и еще одной по плоскости. Заготовки, не имеющие вращения при обработке, базируют по наружным поверхностям вращения в призмах (рис. 2.3.2, д) по схеме $PВН^4 \perp P^1$ или во втулках по схеме $PВН^2 \perp P^3$ (см. рис. 2.3.2, е).

Установку на внутреннюю поверхность вращения и перпендикулярную к ее оси плоскость (рис. 2.3.2, ж, з) выполняют при обработке заготовок деталей типа "тело вращения" с главным центральным отверстием: втулок, гильз, стаканов, обечаек, рубашек, дисков с

отверстиями, колец и др. При обработке вращающихся заготовок их размещают в патронах с кулачками в распор по отверстию, на оправках с раздвижными элементами или на оправках с натягом (см. рис. 2.3.2, ж), реализуя схему $PВ^4 \perp P^1$. В том случае, когда заготовку надевают на оправку или палец с зазором, закрепляя ее силой вдоль оси (см. рис. 2.3.2, з), формула схемы установки будет $P^3 \perp PВ^2$.

Установку на два отверстия с параллельными осями и перпендикулярную им плоскость (рис. 2.3.2, и) применяют при обработке заготовок станин, корпусов, рам, плит, опор, подшипников, кронштейнов, шатунов и др. Формула схемы имеет вид $P^3 \perp (PВ_1 \parallel PВ_2)^3$. Эта схема весьма удобна, так как занимая под технологическую базу практически одну плоскую поверхность, она лишает заготовку шести степеней свободы, что позволяет выдерживать размеры автоматически во всех направлениях. Схему широко применяют при обработке заготовок корпусных деталей на универсальных станках и автоматических линиях, поскольку два технологических базовых отверстия с параллельными осями несложно выполнить в случае их отсутствия в конструкции детали. По данной схеме устанавливают в рабочих позициях автоматических линий приспособления-спутники.

Установку на наружные цилиндрические поверхности с пересекающимися осями (рис. 2.3.2, к) выполняют при обработке заготовок тройников, крестовин, задвижек, патрубков и тому подобных деталей на фрезерных, сверлильных, расточных, агрегатных многошпиндельных станках. В качестве основных установочных элементов используют призмы, осуществляя схему $PВН_1^4 \perp PВН_2^2$ и лишая заготовку шести степеней свободы (см. рис. 2.3.2, к).

Установка на внутренние цилиндрические поверхности с пересекающимися (скрещающимися) осями (рис. 2.3.2, л) может быть применена при обработке заготовок станин, корпусов, рам, кронштейнов, опор на фрезерных, сверлильных, расточных и агрегатных станках. Если база – замкнутое отверстие, то выполняют регулируемые и самоустанавливающиеся опоры, если же база – незамкнутое отверстие, используют также и жесткие опоры, реализуя схему $PВ_1^4 \perp PВ_2^2$ (см. рис. 2.3.2, л).

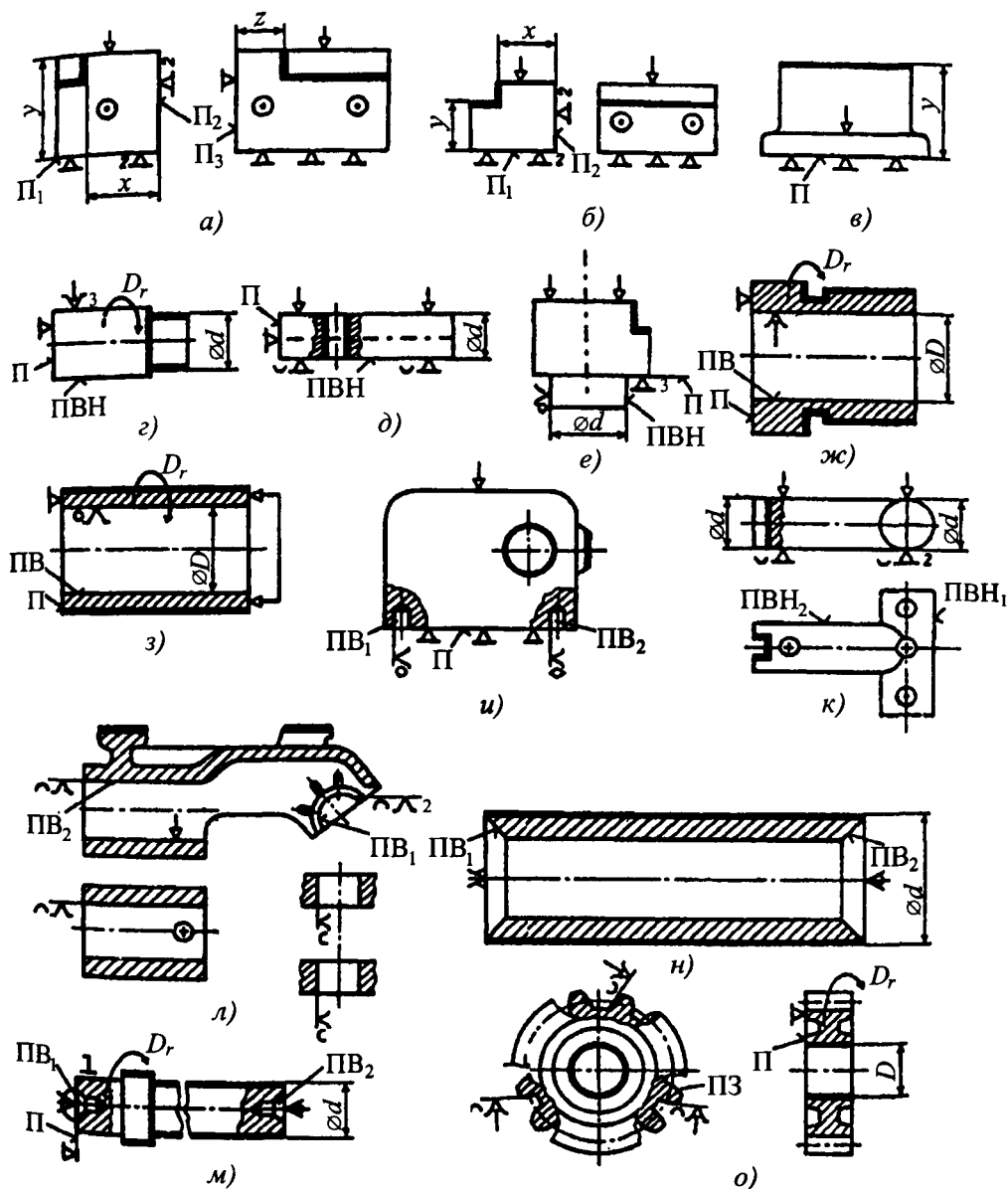


Рис. 2.3.2. Типовые схемы установки заготовок на плоскости (а – в), на наружную цилиндрическую поверхность вращения и перпендикулярную к ее оси плоскость (з – е), на внутреннюю цилиндрическую поверхность вращения и перпендикулярную к ее оси плоскость (ж, з), на два цилиндрических отверстия с параллельными осями и перпендикулярную им плоскость (и), на цилиндрические поверхности с пересекающимися осями (к), на внутренние цилиндрические поверхности отверстия с пересекающимися осями (л), на центровые гнезда отверстия и конические фаски (м, н) и на зубчатые поверхности и плоскости, перпендикулярные оси главного отверстия (о)

Установку на центровые отверстия (рис. 2.3.2, м) осуществляют при обработке заготовок валов, осей, штоков, поршней, плунжеров и других тел вращения на токарных, круглошлифовальных и других станках, а также при обработке заготовок на центровых оправках. В качестве установочных элементов и приспособлений применяют центры различных конструкций и уровня точности. Для повышения точности базирования в осевом направлении используют плавающие центры, осуществляющие схему $(ПВ_1 \odot ПВ_2)^4 \perp П$ (см. рис. 2.3.2, м).

Установку на конические фаски (схема $(ПВ_1 \odot ПВ_2)^4$) применяют при изготовлении на токарных, круглошлифовальных и других станках полых деталей с внутренними фасками и деталей малых диаметров с наружными фасками, используя для последних обратные центры (рис. 2.3.2, н).

Установку на зубчатые поверхности и торцы (схема $ПЗ^3 \perp П^3$) осуществляют при шлифовании осевых отверстий заготовок цилиндрических и конических зубчатых колес (рис. 2.3.2, о). В качестве установочных элементов применяют три ролика для прямозубых цилиндрических колес со спиральным зубом и конических колес. При использовании роликов и шариков применяют самоцентрирующие патроны мембранного и клинового типов.

В зависимости от сложности изготавливаемой детали возможны несколько вариантов базирования.

1. Заготовку базируют на черные (необработанные) поверхности и при одной установке (за одну операцию) выполняют ее полную обработку. Вариант характерен для относительно простых деталей, обрабатываемых на станках-автоматах и агрегатных станках, а также для более сложных деталей, обрабатываемых в приспособлениях-спутниках автоматических линий и на станках с ЧПУ типа "обрабатывающий центр".

2. Заготовку базируют на черные поверхности, производя обработку поверхностей, которые далее используют как чистые несменяемые базы. Этот вариант приемлем для более сложных деталей, обработку заготовок которых выполняют за несколько установок.

3. Вариант аналогичен предыдущему за исключением того, что перед последним этапом ТП принятые чистые технологические базы подвергают повторной (отделочной) обработке. Вариант характерен для деталей повышенной точности.

4. Заготовку базируют на различные последовательно сменяемые чистые (обработанные) поверхности. Часть этих поверхностей обрабатывают при установке заготовки на черные базы, остальные поверхности – с установкой на чистые базы. Выполнение некоторых операций возможно с одновременным базированием на черные и чистые поверхности. Этот случай (нежелательный) может встретиться при изготовлении деталей с особыми требованиями.

5. Заготовку базируют на несколько сменяемых баз, которые повторно обрабатываются. Например, предварительное и чистовое шлифование планки на магнитной плите с последовательным переворачиванием для обработки каждой ее стороны.

При выборе технологических баз стремятся к более полному соблюдению принципа совмещения. В этом случае погрешности базирования существенно уменьшаются и точность изготовления детали повышается. При невозможности выдержать этот принцип за технологическую базу принимают другую поверхность, стремясь уменьшить последствия несовмещения баз путем назначения по возможности жестких допусков на размер и расположение, связывающие новую базу с предшествующей. Соблюдение принципа постоянства баз содействует повышению точности взаимного расположения обрабатываемых поверхностей заготовки. Высокая точность по соосности поверхностей вращения обеспечивается путем установки заготовок на разных операциях (или переходах) на одну и ту же технологическую базу. Лучший результат при этом будет в случае выполнения всех переходов за одну установку заготовки (т.е. за одно базирование и закрепление). При нескольких установках на одну и ту же базу точность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей снижается. Выдерживание принципа постоянства баз повышает однотипность схем установки и приспособлений, что весьма важно при автоматизации процесса обработки. Стремление к более полному выдерживанию этого принципа приводит к созданию на заготовке и на детали искусственных технологических баз (отверстий с параллельными осями, центровых отверстий, установочных поясков и шеек, бобышек, платиков и других элементов). При вынужденной смене баз нужно переходить от менее точной базы по размерам, форме и расположению к более точной. К выбранным базам должны быть сформулированы требования точности и шероховатости.

Составление последовательности выполнения операций изготовления детали. Последовательность операций в маршруте устанавливают:

- по типовому маршруту комплексной детали;
- по маршруту изготовления оригинальной детали-аналога;
- по технологическим правилам, устанавливающим положение различных технологических операций в маршрутах изготовления деталей. Разработка маршрута – сложная задача с большим числом вариантов ее решения.

Исходные данные для разработки маршрутной технологии: чертеж детали с техническими требованиями; чертеж заготовки с техническими условиями; ранее установленный тип производства; ранее проведенный анализ технологичности конструкции детали; предварительно определенные маршруты (планы) обработки отдельных поверхностей; ранее выбранные технологические базы с предварительно намеченным планом обработки заготовки.

При определении последовательности обработки нужно руководствоваться следующими соображениями.

В первую очередь следует обрабатывать поверхности, принятые за чистые (обработанные) технологические базы.

Последовательность обработки зависит от системы простановки размеров. В начало маршрута выносят обработку той поверхности, относительно которой на чертеже координировано большее число других поверхностей. Так, при простановке размеров в соответствии с рис. 2.3.3, сначала должна быть обработана поверхность 1, затем 2, ..., 5 и далее остальные поверхности.

При невысокой точности исходной заготовки сначала следует обрабатывать поверхности, имеющие наибольшую толщину удаляемого материала (для раннего выявления ли-

тейных и других дефектов, например раковин, включений, трещин, волосовин и отсеивания брака). Далее последовательность операций необходимо устанавливать в зависимости от требуемой точности поверхности: чем точнее должна быть поверхность, тем позднее ее необходимо обрабатывать, так как обработка каждой последующей поверхности может вызывать искажение ранее обработанной поверхности (снятие каждого слоя металла с поверхности заготовки приводит к перераспределению остаточных напряжений, что и вызывает деформацию заготовки). Последней нужно обрабатывать ту поверхность, которая является наиболее точной и ответственной для работы детали в машине.

Операции обработки поверхностей, имеющих второстепенное значение и не влияющих на точность основных параметров детали (сверление мелких отверстий, снятие фасок, прорезка канавок, удаление заусенцев и т.п.), следует выполнять в конце ТП, но до операций окончательной обработки ответственных поверхностей. В конце маршрута желательно также выносить обработку легкоповреждаемых поверхностей, к которым относят, например, наружные резьбы, наружные зубчатые поверхности, наружные шлицевые поверхности и т.п.

В том случае, когда заготовку подвергают термической обработке, для устранения возможных деформаций нужно предусматривать правку заготовок или повторную обработку отдельных поверхностей для обеспечения заданных точности и шероховатости. Однако некоторые виды термической, химико-термической и гальванической обработки усложняют ТП. Например, при цементации требуется науглеродить отдельные участки заготовки. Остальные участки защищают омеднением или оставляют на них припуск, который удаляют при механической обработке после цементации, но до закалки.

Изложенные принципы построения маршрутов не во всех случаях являются обязательными. При жесткой заготовке и относительно малых обрабатываемых поверхностях окончательную обработку можно выполнять и в начале маршрута. Принцип разделения маршрута на стадии черновой, чистовой и отделочной обработки в определенной степени противоречит также принципу концентрации технологических переходов в одной операции, когда можно совместить черновую и чистовую обработки (например, при изготовлении кор-

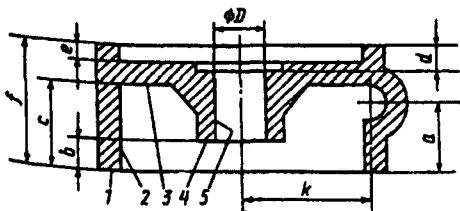


Рис. 2.3.3. Система простановки размеров и последовательность обработки поверхностей заготовки

пусных деталей из отливок и штамповок на агрегатных станках, на станках с ЧПУ типа "обрабатывающий центр").

Предварительное содержание операций устанавливают объединением тех переходов на данной стадии обработки, которые могут быть выполнены на одном станке. Обработку сопряженных поверхностей (отверстий и прилегающих к ним торцев, соосных отверстий, других поверхностей, связанных допусками расположения) также желательно совмещать в одной операции и производить с одного установа. В отдельную операцию выделяют обработку поверхностей (или группы поверхностей) шлицев, зубчатого венца, рабочего профиля кулачка, отверстия некруглого поперечного сечения, требующую специальных станков. Операции, в которой используют для обработки самоустанавливающийся инструмент (например, развертка, притир, хон), должна предшествовать операции, обеспечивающая достижение окончательной точности размеров, координирующих расположение этой поверхности относительно других.

В массовом производстве содержание и объем операций определяют их длительностью, которая должна быть равной или кратной такту. На состав операции влияет также необходимость уменьшения числа переустановок заготовки со станка на станок.

Определение типа оборудования и оснастки. Уточнение наименования и содержания операции механической обработки позволяет правильно выбрать станок из имеющегося парка (по паспорту) или по каталогу. По виду (методу) обработки устанавливают группу станка (всего 9 групп): токарный (1-я группа), сверлильный или расточный (2-я группа) и т.д. В соответствии с назначением станка, его компоновкой, степенью автоматизации или видом применяемого инструмента определяют тип станка: токарный одношпиндельный, токарный многошпиндельный, токарно-револьверный, токарно-револьверный полуавтомат, отрезной с дисковой пилой, отрезной ножовочный, вертикально-фрезерный консольный, вертикально-фрезерный бесконсольный и т.п. Выбор типа станка прежде всего определяется возможностью обеспечить определенное формообразование, выполнение технических требований, предъявляемых к изготавливаемой детали в отношении точности формы, расположения и шероховатости поверхностей. Если эти требования выполнимы на различных станках, то при выборе учитывают следующие факторы:

- соответствие основных размеров станка габаритным размерам обрабатываемой заготовки или нескольких одновременно обрабатываемых заготовок;
- соответствие производительности станка годовой программе выпуска деталей, учет типа производства;
- возможность полного использования станка как по времени, так и по мощности;
- наименьшая затрата времени на обработку (минимальное станко-время);
- наименьшая себестоимость обработки (ориентировочная или сравнительная);
- наименьшая отпускная цена станка;
- реальная возможность приобретения станка;
- необходимость использования имеющихся станков.

Для определенного заранее типа производства можно предложить следующие рекомендации по выбору станков. Для единичного производства чаще всего применяют станки, отличающиеся гибкостью и универсальностью формообразования поверхностей, большим диапазоном габаритов обрабатываемых поверхностей и отсутствием автоматизации. К их числу можно отнести универсальные станки с ручным управлением серийного производства, например токарно-винторезные, токарно-карусельные, радиально- и вертикально-сверлильные, горизонтально-фрезерные консольные, круглошлифовальные и т.п. В мелкосерийном и среднесерийном производствах для обработки партий заготовок используют станки с меньшей универсальностью, но с большей производительностью и с автоматизацией управления: токарно-револьверные полуавтоматы, сверлильные одно- и многошпиндельные полуавтоматы, барабанно-фрезерные, токарно-винторезные с ЧПУ, вертикально-сверлильные с ЧПУ и др. Узкая специализация, высокая производительность и высокий уровень автоматизации характерен для станков крупносерийного и массового производства: к ним можно отнести агрегатные станки, гибкие автоматические линии из станков с ЧПУ, жесткие автоматические линии из агрегатных и специальных станков.

Одновременно с выбором станка надо установить вид станочного приспособления, необходимого для выполнения на данном станке намеченной операции. Если требуемое приспособление является принадлежностью станка (патрон, тиски, люнет и т.п.), то указывают только его наименование. При ис-

пользовании универсально-сборного приспособления делают соответствующее указание. Если же для данной операции требуется специальное приспособление, то технолог обычно разрабатывает только схему приспособления или указывает только принцип его устройства. В единичном и мелкосерийном производствах широко применяют обработку в приспособлениях универсального типа (тиски, делительные головки, поворотные столы, комплекты стандартных зажимных устройств и т.п.). Если же намечается потребность в изготовлении специального приспособления, то сначала необходимо выяснить экономическую целесообразность его применения. В крупносерийном и массовом производствах применяют главным образом специальные приспособления, которые сокращают основное и вспомогательное время больше, чем универсальные, при более высокой точности обработки.

При выборе станка и приспособления для каждой операции необходимо определить и режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, требуемых точности и шероховатости обработанной поверхности, в маршрутной карте указывают наименование, марку материала и номер стандарта. Если требуется специальный инструмент, то обязательно должны быть разработаны чертежи его конструкции.

Применение того или иного типа инструмента зависит от следующих основных факторов: вида станка; метода обработки; материала обрабатываемой заготовки, ее размера и конфигурации; требуемых точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей; типа производства (единичное, серийное, массовое).

При выборе инструмента и установлении метода обработки назначают измерительный инструмент, необходимый для определения размеров поверхностей заготовки и других ее параметров точности. В маршрутную карту заносят наименование, тип, размер. В единичном производстве, когда размеры изготавли-

ваемых деталей весьма разнообразны, применяют измерительный инструмент универсального назначения: линейки, штангенциркули, микрометры, нутромеры, глубиномеры, штихмассы и т.п. В серийном и массовом производствах применяют специальный измерительный инструмент — калибры, пробки, шаблоны, а также измерительные приспособления, часто многоступенчатые и автоматизированные.

Расчет припусков, размеров исходной заготовки и заготовки по переходам. Обычно при обработке резанием заданные чертежом форма, геометрические размеры (как размеры, так и установленные на них отклонения) и параметры качества поверхностного слоя (шероховатости, волнистости и т.д.) получают за один или несколько переходов обработки. При этом на каждом переходе механической обработки с элементарной обрабатываемой поверхности в виде стружки снимается слой материала. Толщину этого удаляемого слоя называют припуском на обработку и обозначают буквой Z . Смежные технологические переходы принято обозначать так: выполняемый i , предшествующий $i - 1$. Припуск является случайной величиной, т.е. имеет разные значения в разных точках элементарной поверхности заготовок.

Различают промежуточные и общие средние припуски на обработку. *Промежуточный средний припуск* $\bar{Z}_i$ — это слой материала, удаляемый при выполнении i -го технологического перехода. Обозначим размеры (средние значения) и допуски размеров на переходах обработки для наружной поверхности буквами $\bar{H}_{i-1}$, $\bar{H}_i$, TH_i , а для внутренней поверхности буквами $\bar{h}_{i-1}$, $\bar{h}_i$, Th_i . Согласно правилам суммирования математических ожиданий случайных величин (средних значений), запишем соотношения между средними размерами заготовок на переходах обработки (рис. 2.3.4):

$$\bar{H}_{i-1} - \bar{H}_i = Z_i; \quad \bar{h}_i - \bar{h}_{i-1} = Z_i.$$

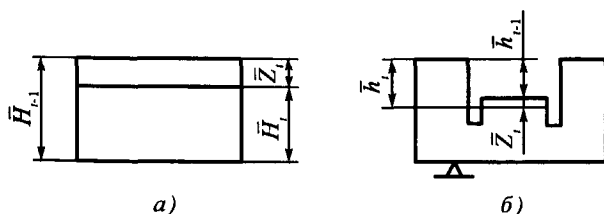


Рис. 2.3.4. Средний промежуточный припуск на обработку наружной поверхности (а) и внутренней плоскости (б)

Наибольшие и наименьшие размеры заготовок на предшествующем переходе определяют по формулам:

$$H_{i-1 \max, \min} = \bar{H}_{i-1} \pm 0,5 TH_{i-1};$$

$$h_{i-1 \max, \min} = \bar{h}_{i-1} \pm 0,5 TH_{i-1}.$$

Промежуточный припуск всегда указывают на сторону. Например, припуск на номинально цилиндрическую поверхность радиусом R_i равен $\bar{Z}_i(R_i)$; припуск на диаметр D_i равен двум припускам на радиус, т.е. $2Z_i(R_i)$.

Общим средним припуском $\bar{Z}_0$ называют толщину слоя материала, удаляемого с элементарной поверхности при выполнении всей совокупности технологических переходов, т.е. всего процесса обработки данной элементарной поверхности от исходной заготовки до детали. Общий средний припуск $\bar{Z}_0$ при использовании на всех переходах фиксированного способа установка заготовки определяют либо как разность средних размеров исходной заготовки и детали, либо как сумму средних промежуточных припусков:

$$\bar{Z}_0 = \bar{H}_0 - \bar{H}_{i=n}; \quad \bar{Z}_0 = \bar{h}_{i=n} - \bar{h}_0;$$

$$Z_0 = \sum_1^n Z_i,$$

где $\bar{H}_0$, $\bar{h}_0$ – средний размер элементарной поверхности исходной заготовки ($i = 0$) соответственно для наружной и внутренней поверхности; средний размер элементарной по-

верхности детали ($i = n$) соответственно для наружной и внутренней поверхности; n – число переходов обработки данной поверхности

Припуск всегда асимметричен, так как при обработке номинально цилиндрических поверхностей или при двусторонней обработке поверхности (например, фрезерованием, шлифованием) в реальных условиях с разных сторон всегда удаляется разный слой материала.

Припуск не является параметром режима обработки. Как известно, режим обработки определяется только тремя параметрами: глубиной резания, подачей S и скоростью резания v . Припуск – это важнейший технологический параметр, имеющий в механической обработке весьма существенное научно-теоретическое и технико-экономическое практическое значение. Зная припуск, определяют размеры исходной заготовки и заготовки по технологическим переходам обработки. При обработке номинально цилиндрических поверхностей в этих соотношениях размеры H и h принимают равными радиусам R и r (для наружной и внутренней поверхности соответственно). Припуск на диаметры D и d равен $2\bar{Z}_i(R_i)$ и $2Z_i(r_i)$ соответственно (рис. 2.3.5).

Точный расчет размеров заготовки можно выполнить только при установлении оптимальных (рациональных) припусков на обработку поверхностей на всех этапах изготовления детали. Это является одной из основных задач технологии машиностроения, а теория припусков является одним из основополагающих разделов проектирования процессов механической обработки.

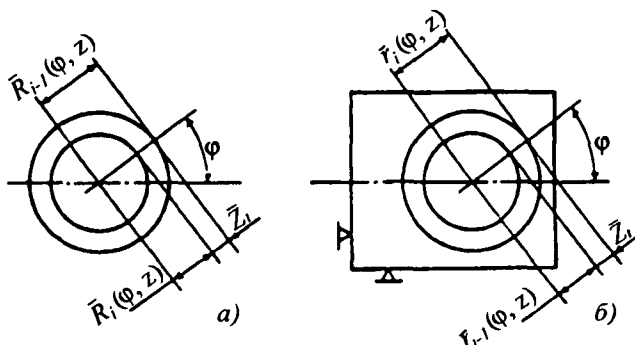


Рис. 2.3.5. Средний промежуточный припуск (на сторону) при обработке наружной поверхности (а) и внутренней цилиндрической поверхности (б)

Большой вклад в развитие теории припусков внесли ученые МГТУ им. Н.Э. Баумана под руководством проф. В.М. Кована, которые разработали расчетно-аналитический метод расчета припусков. В этой теории принято положение, что вариант обработки, выбранный по оптимальному расходу материала, имеет преимущество перед вариантами, выбранными по другим методикам.

Припуск на диаметр цилиндрической поверхности вычисляют по формуле:

$$2Z_{i\min} = 2 \left[(Rz + h)_{i-1} + \left| \bar{\rho}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_{y,i} \right| \right],$$

где Rz_{i-1} – высотный параметр шероховатости элементарной обрабатываемой поверхности; h_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя; $\bar{\rho}_{i-1}$ – суммарное значение пространственных отклонений, оставшихся от предшествующей обработки (векторная величина для цилиндрических поверхностей); $\bar{\varepsilon}_{y,i}$ – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе (векторная величина для цилиндрических поверхностей).

При обработке поверхностей вращения векторы $\bar{\rho}_{i-1}$ и $\bar{\varepsilon}_{y,i}$ могут принимать любое угловое положение, предвидеть которое заранее не представляется возможным. Поэтому в целях получения наиболее вероятного суммарного значения сложение векторов следует производить по правилу квадратного корня:

$$\left| \bar{\rho}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_{y,i} \right| \approx \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y,i}^2}.$$

Но при обработке плоскостей принимают, что векторы направлены перпендикулярно обрабатываемой плоскости, поэтому

$$Z_{i\min} = (Rz + h)_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{y,i}.$$

Заметим, что во всех случаях величина $(\rho_{i-1} + \varepsilon_{y,i})$ определяет фактически смещение в расположении поверхности заготовки в рабочей зоне. При этом учитывается как смещение, полученное на предшествующем переходе изготовления (на первом переходе это смещение заготовки), так и смещение при установке $\varepsilon_{y,i}$ в рабочей зоне. Очевидно, что такое же смещение получают и другие поверхности, в

том числе измерительная база. Поэтому ее учитывают и в суммарной погрешности обрабатываемого размера, и в припуске на обработку.

Так как принято, что наблюдается копирование размеров, то имеем соотношение (рис. 2.3.6):

$$D_{i-1\min} - D_{i\min} = 2Z_{i\min},$$

где D – диаметр элементарной поверхности.

После расчета $D_{i-1\min}$ определяют $D_{i-1\max}$:

$$D_{i-1\max} = D_{i-1\min} + TD_{i-1},$$

где TD_{i-1} – допуск на размер D_{i-1} .

Далее можно определить максимальный припуск на переход i :

$$2Z_{i\max} = D_{i-1\max} - D_{i\max}.$$

Согласно расчетно-аналитическому методу расчетными являются минимальные (для наружных поверхностей) и максимальные (для внутренних поверхностей) размеры. Все значения факторов по этому методу определены по статистическим исследованиям и приведены в справочниках. В расчетно-аналитическом методе общий припуск

$$Z_{0\max} = \sum_{i=1}^n Z_{i\max}; \quad Z_{0\min} = \sum_{i=1}^n Z_{i\min}.$$

В основу расчетов положен метод максимума – минимума.

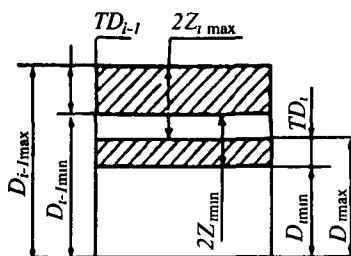


Рис. 2.3.6. Схема расчета $Z_{i\min}$ по расчетно-аналитическому методу определения припусков

Разработка операций обработки заготовок. На этапе разработки операций обработки заготовок решают следующие задачи:

- определяют рациональную структуру операции, что позволяет составить или уточнить содержание, последовательность выполнения и возможность совмещения во времени переходов операции;
- выбирают СТО (например, определяют модель оборудования);
- выбирают средства механизации и автоматизации выполнения операции, включая и транспортные устройства для перемещения заготовок;
- назначают и рассчитывают режимы обработки резания;
- определяют нормы времени;
- устанавливают настроечные размеры и составляют схемы наладки.

Построение операции – многовариантная задача. Возможные варианты оценивают по производительности и себестоимости. Разрабатывая операцию, стремятся к уменьшению времени выполнения технологической операции (нормы времени). При поточном методе работы время изготовления единицы продукции увязывают с заданной производительностью поточной линии – тактом выпуска.

Выбор схемы построения операции обработки. Структуру операции механической обработки определяют числом. Число объединяемых в операцию переходов зависит от серийности производства, такта выпуска и характеризует степень концентрации или дифференциации переходов.

Степень дифференциации и концентрации операций зависит от серийности производства. Для ТП единичного и мелкосерийного производств характерны операции, построенные по принципу концентрации переходов. По этому же принципу строят ТП в крупном и тяжелом машиностроении с использованием переносных станков.

В условиях крупносерийного и массового производств ТП составлены по принципу дифференциации операций для конвейерных автоматических линий, состоящих из простых узкоспециализированных станков, и по принципу концентрации операций для линий, содержащих сложные многшпиндельные автоматы.

В среднесерийном производстве принцип концентрации операций применяют для по-

строения операций обработки на станках с ЧПУ и быстроперенастраиваемых агрегатных станках и автоматах, а принцип дифференциации – для переменноточных линий групповой обработки заготовок.

Степень концентрации или дифференциации технологических операций выбирают при назначении схемы построения операции.

Кроме количества переходов операции отличаются по совмещению переходов во времени. Возможно одновременное выполнение технологических (обработка нескольких поверхностей), вспомогательных (подвод режущих инструментов к нескольким поверхностям), а также технологических и вспомогательных переходов (во время установки заготовки на других позициях многшпиндельного станка идет обработка). Степень совмещения переходов зависит также от схем построения операции и состава слагаемых оперативного времени $t_{оп} = t_o + t_b$.

Однако при рассмотрении возможностей совмещения вспомогательных переходов с технологическими необходимо более детальное расчленение вспомогательного времени t_b .

Вспомогательное время t_b – часть оперативного времени, затрачиваемая на выполнение приемов, необходимых для обеспечения изменения и последующего определения состояния предмета труда. Оно состоит из следующих пяти составляющих:

$$t_b = t_{уст} + t_{упр} + t_{инд} + t_{сн} + t_{изм},$$

где $t_{уст}$ – время установки заготовки и съема ее после окончания обработки; $t_{упр}$ – время на приемы управления станков (время пуска и останова шпинделя станка, а также время на переключение скоростей, изменение направления вращения шпинделя и подачи суппорта, время перемещения суппортов, кареток и других частей станка); $t_{инд}$ – время индексации (продолжительность перемещения частей станка в новые позиции и их фиксации, время поворота шпиндельных блоков, столов, барабанов, делительных устройств и кондукторов); $t_{сн}$ – время смены инструмента при выполнении отдельных технологических переходов в операции (время смены инструмента в патроне при последовательной обработке отверстия сверлом, зенкером, разверткой; время поворота резцовых или револьверных головок); $t_{изм}$ –

время установки инструмента на стружку и время проведения контрольных измерений при работе методом индивидуального получения размеров (например, при автоматизированном контроле размеров шлифуемых шеек валов).

Возможности перекрытия элементов оперативного времени $t_{оп}$ при совмещении технологических переходов зависят от схемы построения операции. Схемы различают по следующим признакам:

- а) по числу одновременно устанавливаемых для обработки заготовок (одноместные и многоместные схемы);
- б) по числу участвующих в обработке инструментов (одно- и многоинструментальные схемы);
- в) по последовательности работы инструментов при выполнении операции (последо-

вательная, параллельная и параллельно-последовательная схемы обработки).

Последовательное вступление инструментов в работу или последовательное расположение нескольких заготовок в приспособлении по отношению к направлению движения подачи при обработке характеризует операцию с последовательной обработкой. Одновременная обработка инструментом нескольких поверхностей одной или нескольких заготовок определяет операцию с параллельной обработкой. К параллельно-последовательной обработке относят операции при многоместной обработке заготовок, расположенных в приспособлении в несколько рядов параллельно и перпендикулярно направлению движения подачи.

В табл. 2.3.3 и на рис. 2.3.7 приведены примеры построения станочных операций.

2.3.3. Построение станочных операций

Схема обработки	Позиция на рисунке	Формула расчета оперативного времени
<i>Одноместные схемы</i>		
Одноинструментальная:		
последовательная	<i>a</i>	$\left(\frac{l_{вр} + l}{S} \right) + t_{в}$
параллельная	<i>б</i>	$\frac{l_1}{S} + t_{в}$
параллельно-последовательная	<i>в</i>	$\frac{l_1 k}{S} + t_{в}$
Многоинструментальная:		
последовательная	<i>г</i>	$\frac{l_{вр} + l}{S} + \frac{l'_{вр} + l}{S'} + t_{в}$
параллельная	<i>д</i>	$\frac{l_{вр} + l}{S} + t_{в}$
параллельно-последовательная	<i>e</i>	$\frac{(l_{вр} + l) k'}{S} + t_{в}$
многопозиционная односторонняя	<i>н</i>	$\frac{l_{вр} + l^*}{S}$
многопозиционная многосторонняя	<i>о</i>	$\frac{l_{вр} + l^*}{S}$

Продолжение табл. 2.3.3

Схема обработки	Позиция на рисунке	Формула расчета оперативного времени
<i>Многоместные схемы</i>		
Одноинструментальная:		
последовательная	ж	$\left(\frac{l_{\text{вр}} + l n}{S} + t_{\text{в}} \right) \frac{1}{n}$
параллельная	з	$\left(\frac{l}{S} + t_{\text{в}} \right) \frac{1}{n}$
параллельно-последовательная	и	$\left(\frac{l}{S} + \frac{l_1}{S'} + t_{\text{в}} \right) \frac{1}{n}$
Многоинструментальная:		
последовательная	к	$\left(\frac{l_{\text{вр}} + l n}{S} + t_{\text{в}} \right) \frac{1}{n}$
параллельная	л	$\left(\frac{l_{\text{вр}} + l}{S} + t_{\text{в}} \right) \frac{1}{n}$
параллельно-последовательная	м	$\left(\frac{l_{\text{вр}} + l(n/2)}{S} + t_{\text{в}} \right) \frac{1}{n}$
многопозиционная односторонняя	п	$\left(\frac{l_{\text{вр}} + l^{**}}{S} \right) \frac{1}{n}$
многопозиционная многосторонняя	р	$\left(\frac{l_{\text{вр}} + l^{**}}{S} \right) \frac{1}{n}$

Примечание. В расчетных формулах приняты следующие условные обозначения: $l_{\text{вр}}$, $l'_{\text{вр}}$ – длина врезания инструментов, мм; l – длина заготовки, мм; S , S' – подачи, мм/мин, l_1 – длина большей ступени, k – число обрабатываемых отверстий; $k' = k/m$ (m – количество инструментов в наладке); n – число обрабатываемых деталей

При условии полного перекрытия вспомогательного времени основным.

** Сборный и многокромочный инструмент условно принят за один инструмент.

Рассмотрим сначала одноместные схемы. Основное время операции при последовательной обработке (рис. 2.3.7, а) включает сумму времен всех переходов:

$$t_0 = \sum_{i=1}^k t_{0i},$$

где t_{0i} – основное время выполнения i -го перехода, мин; k – число переходов в операции.

При одноместной одноинструментальной схеме (см. рис. 2.3.7, б) вспомогательное время:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}}. \quad (2.3.1)$$

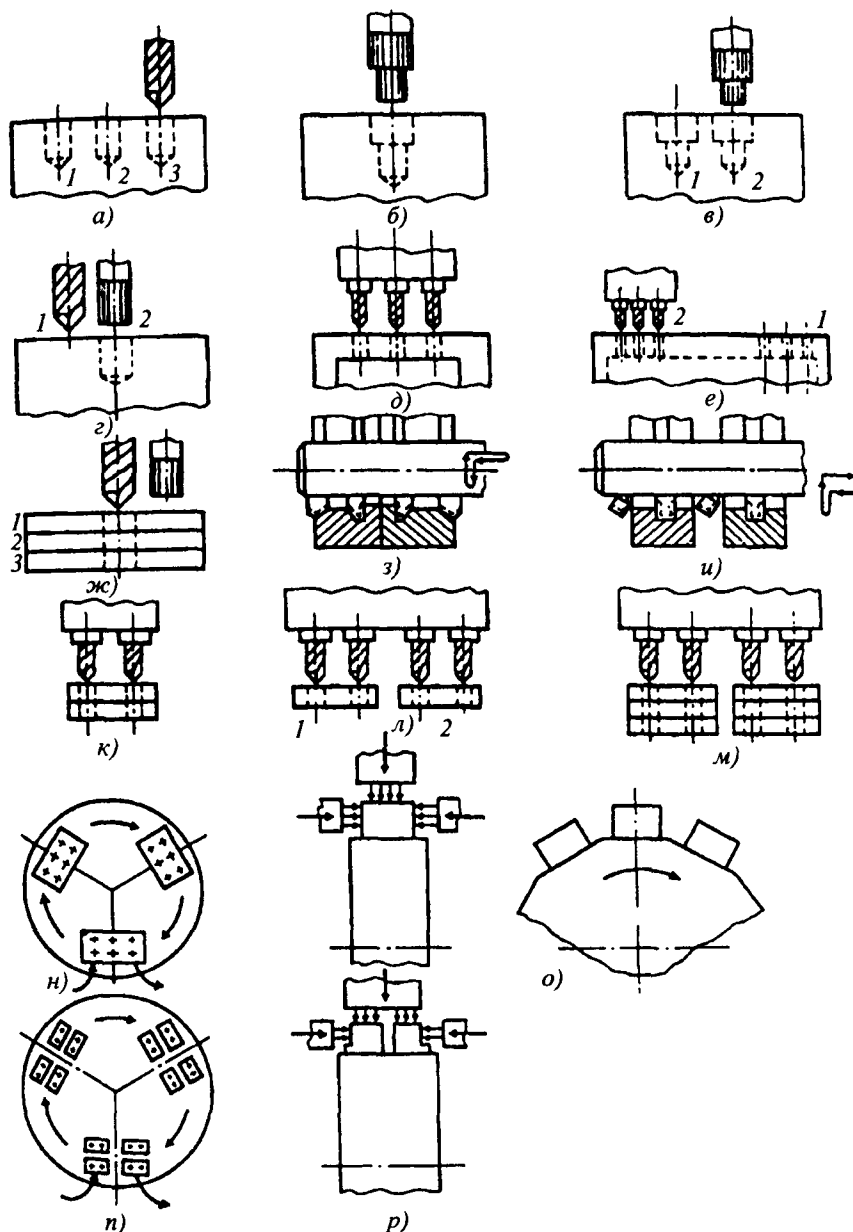


Рис. 2.3.7. Схемы построения технологических операций

При обработке одной заготовки несколькими инструментами появляется составляющая $t_{сн}$ (см. рис. 2.3.7, з):

$$t_{в} = t_{уст} + t_{упр} + t_{сн} \quad (2.3.2)$$

При односторонней схеме обработки несколькими инструментами с поворотом резцедержателя или револьверной головки станка

$$t_{в} = t_{уст} + t_{упр} + t_{инд} \quad (2.3.3)$$

При односторонней последовательной обработке заготовок несколькими инструментами на многоцелевых станках в состав вспомогательного времени входит как время индексации (поворота) стола станка с заготовкой, так и время смены инструмента $t_{сн}$:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{инд}} + t_{сн} + t_{\text{упр}}. \quad (2.3.4)$$

При параллельных схемах (см. рис. 2.3.7, б, д) построения операций основное время обработки определяют продолжительностью выполнения наиболее длительного (лимитирующего) перехода $t_{0, \text{lim}}$. Вспомогательное время рассчитывают по формуле (2.3.1).

При параллельно-последовательной обработке (см. рис. 2.3.7, в) непрерывное основное время равно сумме основного непрерывного времени лимитирующих переходов:

$$t_0 = \sum_{i=1}^{k'} t_{0, \text{lim}}.$$

Вспомогательное время операции определяют по формулам (2.3.1) – (2.3.3).

Рассмотрим теперь многоместные схемы. Известно три основных варианта многоместных схем обработки заготовок:

1) заготовки обрабатывают партиями, устанавливаемыми на станке одновременно (например, шлифование на магнитной плите мелких заготовок);

2) заготовки или группы заготовок устанавливают в приспособления независимо от других и обрабатывают поочередно (например, обработка заготовок фрезерованием, в поворотных приспособлениях);

3) заготовки обрабатывают на непрерывно вращающемся столе или барабане.

В многоместных схемах первой группы время обработки заготовок определяют делением общих затрат времени на число заготовок n_n в операционной партии. В этих схемах время t_0 существенно сокращается за счет времени на врезание и сбег инструмента. Время $t_{\text{уст}}$ при установке операционной партии несколько возрастает, но на одну заготовку оно значительно меньше, чем при односторонних схемах.

Для первой группы многоместных схем расчетные формулы для определения t_0 и $t_{\text{в}}$ при

последовательной обработке (см. рис. 2.3.7, ж) имеют вид:

$$t_0 = \left(\sum_{i=1}^k t_{0i} \right) / n_n, \\ t_{\text{в}} = (t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{сн}) / n_n. \quad (2.3.5)$$

В случае наличия у станка инструментальной или револьверной головки $t_{сн}$ можно заменять на $t_{\text{инд}}$. При параллельной обработке (см. рис. 2.3.7, б, д) за основное время принимают время выполнения лимитирующего по продолжительности перехода:

$$t_0 = t_{0, \text{lim}} / N_n,$$

где N_n – количество инструментов в инструментальной наладке.

Для параллельной и параллельно-последовательной обработок вспомогательное время определяют по формуле (2.3.5).

Многоместные схемы второй группы (с раздельной установкой заготовок или групп заготовок) более производительны, так как в них установка заготовок в одной позиции происходит параллельно обработке в других позициях, т.е. вспомогательное время перекрывается основным (см. рис. 2.3.7, и, н).

При последовательной обработке (см. рис. 2.3.7, и) основное время рассчитывают по времени выполнения лимитирующего по продолжительности перехода: $t_0 = t_{0, \text{lim}}$, а вспомогательное – по формуле $t_{\text{в}} = t_{\text{упр}} + t_{\text{инд}}$.

При параллельной и параллельно-последовательной обработках заготовок (см. рис. 2.3.7, н) продолжительность t_0 и $t_{\text{в}}$ уменьшается пропорционально числу N_3 одновременно обрабатываемых заготовок в позиции:

$$t_0 = t_{0, \text{lim}} / N_3; \quad t_{\text{в}} = (t_{\text{упр}} + t_{\text{инд}}) / N_3.$$

Наиболее благоприятные условия для размещения элементов оперативного времени $t_{\text{оп}}$ создаются при осуществлении многоместных схем третьей группы, причем преобладают схемы параллельно-последовательной обработки, хотя возможны и последовательные схемы. Такие схемы осуществляют, например, на станках с непрерывно вращающимися столом или барабаном с вертикальной или горизонтальной

осью вращения (см. рис. 2.3.7, *о, р*). При многоместной обработке с непрерывной установкой заготовки время t_b полностью перекрывается временем резания, поэтому $t_b = 0$.

Для количественной оценки принятой схемы построения операции пользуются коэффициентом совмещения основного времени

$$K_{co} = t_o / \sum_{i=1}^{i=k} t_{oi},$$

где t_o — основное неперекрываемое время, входящее, например, во время наиболее длительного из одновременно выполняемых технологических переходов; $\sum_{i=1}^{i=k} t_{oi}$ — сумма основных

времен всех k переходов операции (например, сумма основных времен одновременно выполняемых технологических переходов операции).

Коэффициент K_{co} изменяется от 0 до 1. Чем в большей степени совмещаются технологические переходы, тем меньше значение K_{co} ; если совмещения нет, то $K_{co} = 1$.

Операцию по схеме выполнения также можно характеризовать коэффициентом совмещения оперативного времени:

$$K_{cop} = (t_o + t_b) / \left[\sum_{i=1}^{i=k} t_{oi} + \sum_{i=1}^{i=k} t_{bi} \right],$$

где t_b — вспомогательное неперекрываемое время, входящее в $t_{ш}$; $\sum_{i=1}^{i=k} t_{bi}$ — сумма всех элементов вспомогательного времени t_{bi} при выполнении i -го перехода.

После определения структуры операции осуществляют проектирование инструментальных наладок в следующей последовательности.

1. Определяют минимальный настроечный размер и допуск на настройку.

2. Составляют варианты плана размещения инструментов в наладке с предварительным расчетом режимов резания и выбором наиболее производительного.

С увеличением количества инструментов n_n в наладке производительность растет до определенного предела. Это объясняется ростом затрат времени на техническое обслуживание t_T

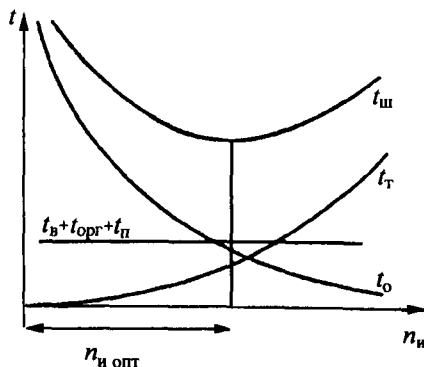


Рис. 2.3.8. Влияние количества режущих инструментов в наладке на штучное время

многоинструментальной наладки, в том числе и на проведение самой настройки (рис. 2.3.8). Основное время t_o уменьшается при увеличении n_n (сумма $t_b + t_{орг} + t_{п}$ принята постоянной для любого n_n). Минимум $t_{ш}$ соответствует наиболее выгодному количеству инструментов $n_{n \text{ опт}}$.

3. Окончательно размещают инструменты в наладке станка и определяют режимы резания.

4. Оформляют схему наладки станка, проводят необходимые расчеты (например, расчет циклов работы станка).

5. Конструируют специальную оснастку для наладки станка (например, конструирование специальных режущих инструментов).

Установленная степень концентрации переходов и схема построения операции влияют на выбор модели технологического оборудования.

Выбор средств технологического оснащения. СТО производства включают технологическое оборудование (в том числе контрольное и испытательное), технологическую оснастку (в том числе приспособления, режущие инструменты и средства контроля), средства механизации и автоматизации производства (в том числе технологические и транспортные роботы). СТО выбирают с учетом типа производства, вида и программы выпуска изделия, выбранной технологии получения изделий, содержания и схемы построения операций.

Выбор СТО проводят в три этапа: 1) при определении маршрута изготовления детали

устанавливают вид оснащения (группа оборудования, система приспособлений, тип приспособления и инструмента), 2) при разработке содержания операции находят конкретные модели оборудования, конструкции приспособлений, типоразмер инструмента, 3) после выбора схем построения операции, инструментальных наладок и режимов резания проверяют возможность использования найденного объекта СТО для конкретных условий. На каждом этапе заготовки варианты решений, что позволяет находить приемлемые и рациональные в итоге варианты технологического оснащения операции механообработки.

Исходными данными для определения группы автоматизированного оборудования являются вид и содержание операции, схема установки заготовки, форма и габаритные размеры заготовки, объем годового выпуска или размер партии деталей. Правила выбора оборудования определены ГОСТ Р 50-54-11-87. На первом этапе оборудование выбирают в зависимости от типа производства и предполагаемого уровня его специализации.

Уточнение содержания операции с определением схемы обработки позволяет выбрать на втором этапе станок из имеющегося парка или по каталогу. Выбирая модель оборудования, следует руководствоваться следующими основными правилами:

- 1) размеры рабочей зоны оборудования должны соответствовать габаритным размерам обрабатываемых заготовок или групп заготовок,

- 2) выбранная модель станка должна обеспечивать заданные точность и качество обрабатываемой поверхности,

- 3) мощность, жесткость и кинематическая схема оборудования должны обеспечивать высокопроизводительные оптимальные режимы обработки,

- 4) требуемая производительность оборудования должна соответствовать заданной программе выпуска изделий.

Автоматизированное оборудование выбирают в соответствии со следующими параметрами: масса заготовки (для переноса роботоманипулятором), тип, число гнезд и положение оси вращения револьверной головки, тип, схема устройства смены заготовки, тип зажима заготовок, модель, вид, тип системы управления (например, ЧПУ), число управляемых координат, тип интерполяции, система записи команд ЧПУ, точность позиционирования (дискретность).

В итоге может быть выбрано несколько моделей оборудования, имеющих одинаковые технологические возможности. Тогда на третьем этапе выбора оборудования учитывают, например, минимальный объем приведенных затрат по сопоставляемым вариантам при максимальном сокращении периода окупаемости затрат на механизацию и автоматизацию.

Если представляется целесообразным выполнять обработку на специальном станке, то должно быть составлено техническое задание на его проектирование. К заданию на проектирование специального станка должны быть приложены чертеж заготовки с указанием массы, размеров, допусков и шероховатости поверхности до и после обработки на станке, чертежи специального инструмента, карты ТП обработки заготовки и выполняемой на проектируемом станке операции, схема установки заготовки.

Выбор станочных приспособлений определяется схемой установки заготовки, содержанием выполняемых операций, выбранными режимами резания. Если существует готовое приспособление в парке СТО завода или по каталогу, то требуется лишь проверить соответствие данного СТО требуемому (например, установить возможность надежного крепления заготовки при возникающих усилиях резания). При отсутствии готового приспособления (стандартного или специального) следует дать заказ на разработку этого специального приспособления.

Метод обработки поверхности заготовки определяет группу инструмента (например, фреза). В зависимости от обрабатываемого материала и типа заготовки устанавливают подгруппу инструмента (например, фреза торцевая с твердосплавными режущими вставками). Конфигурация обрабатываемой поверхности, принятая схема установки заготовки выявляют форму и расположение режущих лезвий, что позволяет определить вид (типоразмер) режущего инструмента. Наконец, с учетом условий работы устанавливают значения конструктивных параметров режущего инструмента.

Третий этап выбора технологического оборудования и остальных СТО начинается тогда, когда каждая операция предварительно разработана, т.е. намечены, выбраны и определены методы, точность и шероховатость обработки поверхности по переходам, схема обработки, т.е. последовательность выполнения переходов в операции, режущий инструмент и

тип приспособления (предварительно), режимы резания, составляющие и значение $t_{\text{ш}}$

Все эти данные позволяют рассчитывать необходимое количество оборудования при выполнении разрабатываемой операции, исходя из такта выпуска (заданной производительности) Анализ рассчитанного количества станков может изменить первоначальное решение по принятому их типоразмеру (модели) Так, в условиях массового производства необходимо, чтобы на любой операции было занято не более одной-двух единиц технологического оборудования Поэтому, если первоначально был принят одношпиндельный станок, то может возникнуть необходимость замены его на многошпиндельный многопозиционный станок специального типа Целесообразность замены должна быть также подтверждена технико-экономическим расчетом, так как новый вариант типоразмера необходимо, как и первоначальный, проверить по всем вышеуказанным расчетам и правилам

Установление режимов резания. Режимы резания определяются глубиной резания t , подачей S и скоростью резания v Значения t , S , v влияют на точность и качество получаемой поверхности, производительность и себестоимость обработки

В порядке возрастания влияния на стойкость инструментов составляющие режимов резания располагаются следующим образом $t \rightarrow S \rightarrow v$ Поэтому для одноинструментальной схемы обработки вначале устанавливают глубину резания, а затем подачу и скорость резания

При обработке поверхности на предварительно настроенном станке глубина резания равна припуску на заданный размер этой поверхности по выполняемому технологическому переходу

Подача должна быть установлена максимально допустимой При черновой обработке она ограничивается прочностью и жесткостью элементов технологической системы станка, а при чистовой и отделочной — точностью размеров и шероховатостью обрабатываемой поверхности Определенная расчетом или по нормативам подача должна соответствовать паспортным данным станка

Скорость резания зависит от выбранной глубины резания, подачи, качества и марки обрабатываемого материала, геометрических параметров режущей части инструмента и ряда других факторов Скорость резания рассчиты-

вают по соответствующим формулам теории резания или устанавливают по нормативным данным Скорость резания в общем виде определяют так

$$v = A / T_n^m, \quad (2.3.6)$$

где A — постоянная, характеризующая условия обработки, материал заготовки, глубину резания и подачу, T_n — стойкость режущего инструмента, m — показатель стойкости

Обычно при расчете скорости резания используют минимально допустимую стойкость режущего инструмента T_n Зная стойкость инструмента, по формуле (2.3.6) или по таблицам находят значение v , по которому определяют расчетное значение частоты вращения шпинделя Далее по паспорту станка подбирают ближайшее меньшее значение n Рассмотренная методика справедлива для одноинструментальной схемы обработки

При обработке на станках с многоинструментальными наладками методика установления режимов резания изменяется На практике встречается пять вариантов многоинструментальной схемы обработки

1 Обработку заготовок ведут последовательно рядом инструментов, которые работают независимо один от другого, при смене инструмента изменяют и режимы резания

2 Обработку производят параллельно действующими комплексами инструментов, каждый из которых работает независимо от других с различными режимами резания (многошпиндельные сверлильные агрегатные головки)

3 Обработку заготовок осуществляют комплексом инструментов, закрепленных в одном или нескольких блоках (например, державках или оправках) Инструменты блока имеют единую подачу, но разные скорости резания в зависимости от размера обрабатываемой поверхности, длительность работы каждого инструмента различна Это характерно для многолезцовых токарных полуавтоматов, токарно-револьверных станков

4 Комплекс инструментов в блоке имеет единую минимальную подачу, но работает с разными скоростями резания Случай характерен для многошпиндельных сверлильных, точных и продольно-фрезерных станков

5 Комплекс инструментов работает с одинаковой скоростью резания, но с разной подачей (продольно-строгальные станки)

В первых двух случаях режимы резания устанавливают по приведенной выше методике. Если подача и скорость резания для первого случая оказываются близкими, то для экономии времени на останов и пуск станка можно использовать средние значения этих составляющих режимов резания.

В третьем случае глубину резания и подачу устанавливают для каждого инструмента по методике для одноинструментальной схемы обработки. По каждому блоку находят наименьшую лимитирующую технологически допустимую подачу. Далее выбирают лимитирующий по скорости резания инструмент, чаще всего тот, который обрабатывает участки заготовки с наибольшим диаметром и наибольшей длиной. Для этого инструмента рассчитывают условную стойкость $T_y = T_{\min} \lambda$, где

$\lambda = l_{\text{пл}} / l_{\text{бл}}$, $l_{\text{пл}}$ – путь подачи лимитирующего инструмента, $l_{\text{бл}}$ – путь подачи инструментального блока. Значение $T_{\min}$ выбирают по нормативам в зависимости от количества и типа режущих инструментов, материала обрабатываемой заготовки.

По стойкости T_y находят соответствующую скорость резания по формуле (2.3.6) или по нормативам и рассчитывают частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка. По найденным режимам определяют суммарный момент и мощность резания, которые сравнивают с паспортными данными. При необходимости режимы резания корректируют, изменяя подачу и скорость резания.

В четвертом случае для каждого инструмента наладки назначают глубину резания и подачу S_0 на один оборот шпинделя (по нормативам). Аналогично третьему случаю определяют лимитирующие по скорости резания инструменты и рассчитывают условную экономическую стойкость. По значению T_y вычисляют или находят по нормативам значения скорости резания $v_{\text{ин}}$ и частоты вращения $n_{\text{ин}}$ для каждого инструмента. Минутную подачу инструмента определяют по формуле $S = S_0 n_{\text{ин}}$. Минутную подачу всей многошпиндельной головки принимают по наименьшей S . Корректируют значения $v_{\text{ш}}$ и $n_{\text{ш}}$ для различных шпинделей по формуле $n_{\text{ш}} = (S/S_{\text{ш}}) n_{\text{ин}}$. По найденным режимам резания шпинделей рассчитывают суммарный момент и мощность резания, сравнивают их с паспортными дан-

ными и при необходимости корректируют режимы резания.

Режимы резания для пятого случая устанавливают в аналогичной последовательности. Для каждого инструментального блока (суппорта) выбирают минимальную подачу S по наибольшему пути резания, лимитирующие инструменты. Для всех блоков по лимитирующим инструментам рассчитывают скорость резания. Режимы резания согласовывают с паспортными данными станка.

2.3.4 ТИПИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ГРУППОВАЯ ОБРАБОТКА

Основные положения и определения.

Одним из наиболее прогрессивных направлений совершенствования технологий серийного машиностроительного производства является типизация ТП обработки отдельных поверхностей, типовых сочетаний поверхностей и изготовления деталей (в целом).

Работу по типизации ТП начинают с проведения классификации, позволяющей привести все многообразие заготовок, поверхностей и их сочетаний к минимальному количеству типов, для которых можно разработать типовые ТП обработки. При этом признаки, заложенные в основу классификации, должны удовлетворять условиям, при которых обработка поверхностей, их сочетаний или заготовок могла быть осуществлена по одному и тому же ТП.

Признаками для классификации элементарных поверхностей являются форма поверхности, размеры, материал изделия, требуемая точность обработки, качество поверхностного слоя. При создании типовых процессов обработки отдельных поверхностей не решается вопрос о типизации исходной заготовки, оборудования и последовательности отдельных операций. Следует отметить, что типовой процесс обработки определенного сочетания поверхностей и особенно типовой процесс обработки заготовок не всегда состоит из сочетаний типовых процессов обработки отдельных поверхностей.

Примеры построения типовых технологических маршрутов обработки различных поверхностей заготовки приведены в многочисленных руководящих и справочных материалах по припускам на обработку, последовательности переходов, трудоемкости и экономичности обработки заготовок с различными качествами точности и разной шероховатостью.

Под типовыми сочетаниями поверхностей будем понимать сочетание поверхностей, встречающихся у различных заготовок, при котором все элементарные поверхности могут быть обработаны при неизменной технологической базе, одинаковой последовательности операций, установов и переходов на одних и тех же станках, одинаковыми инструментами

Признаки для классификации типовых сочетаний поверхностей следующие конфигурация, размеры и точность обработки отдельных поверхностей, материал обрабатываемой заготовки, соотношение размеров отдельных поверхностей и точность их взаимного расположения. Типизация обработки сочетаний поверхностей также не решает задачи типизации исходной заготовки и не всегда определяет последовательность обработки отдельных поверхностей конкретной заготовки

Примерами разработки типовых процессов обработки сочетаний поверхностей могут служить процессы обработки концентрично расположенных наружных и внутренних поверхностей вращения, взаимно перпендикулярных или параллельных поверхностей, обеспечение соосности обрабатываемых отверстий и точности межосевого расстояния между ними и т.д.

Типизация ТП возможна только путем проведения типизации изготовления деталей. *Признаками для классификации деталей* являются конфигурация деталей, ее размеры, точность обработки и качество поверхностного слоя, материал заготовки. Эти признаки основные, они относятся непосредственно к детали, выявляются из рабочего чертежа детали (заготовки) и определяют характер и содержание ТП. Дополнительные признаки, такие, как объем производственного задания, размеры отдельных партий обрабатываемых заготовок, имеющиеся в наличии СТО (станки, приспособления, инструменты), система планирования и организации производства, учитываются при типизации ТП созданием нескольких технических равноценных вариантов типовых процессов

Технологическая классификация деталей, предложенная проф. А. П. Соколовским, предусматривает 14 классов, характеризующих общностью технологических задач, решаемых в условиях определенной конфигурации деталей. Она имеет общемашиностроительный характер (валы, втулки, диски, рычаги и т.д.) и может быть расширена добавлением новых

классов деталей, характерных для отдельных отраслей промышленности (например, турбинные лопатки, шариковые подшипники и т.п.). Деление классов на *группы* и *подгруппы* заканчивается *типом* – совокупностью деталей одного класса, имеющих в определенных производственных условиях одинаковый маршрут типовых операций, характеризующих единством содержания и последовательности технологических переходов для группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. В пределах типа допускаются некоторые отклонения в порядке обработки, возможно исключение или добавление отдельных переходов и операций

Типизация ТП позволяет

1) свести огромное количество процессов к минимуму и внести единообразие в обработку сходных деталей,

2) использовать наиболее прогрессивные ТР и сократить сроки ТПП,

3) уменьшить количество типов специального оборудования и оснастки и создавать их на базе типовых схем и унифицированных узлов, используя принцип агрегатирования. Типизацию ТП можно рассматривать как многоэтапную процедуру принятия проектных ТР, включающую принятие аналитического ТР (определение классификационных признаков деталей) и синтез собственно проектного решения – определение типа деталей и соответствующего типового процесса

Документация типовых ТП включает в себя классификатор деталей и карты типовых процессов обработки. Карты содержат подробные данные о ТП и отдельных операциях: эскиз заготовки с предельными габаритными размерами, материал, точность обработки и качество поверхностного слоя, последовательность содержания переходов, оборудование, приспособления и инструменты, режимы обработки, нормы времени (для режимов и норм времени должны быть указаны пределы их изменений для разных размеров заготовок). Типовую технологию в условиях завода разрабатывают в двух вариантах: рабочем, составленном на основании имеющегося оборудования и условий завода, и перспективном, учитывающем все возможности современных видов обработки, новейшего оборудования и прогрессивных методов организации производства

Использование типовых ТП для изготовления деталей наиболее характерно для крупносерийного и массового производств. В усло-

виях мелко- и среднесерийного производства при изготовлении деталей небольшими партиями возникают большие потери времени, связанные с переналадкой станков при переходе от изготовления одной детали к другой. В этих условиях целесообразно использовать *групповой метод обработки*, предложенный проф. С.П. Митрофановым. В основе метода (как и при типизации ТП) лежит технологическая классификация заготовок, позволяющая сформировать группы изделий с последующей разработкой технологии их групповой обработки без переналадки или с минимальной переналадкой оборудования.

При классификации заготовок для групповой обработки используют признаки, существенно отличающиеся от признаков типовой технологии. При *групповой обработке под классом* понимают совокупность изделий, характеризующихся общностью типа оборудования, необходимого для обработки заготовок в целом или отдельных ее поверхностей, т.е. при групповой обработке формируют классы заготовок по видам обработки (обработка на токарных станках, фрезерных, сверлильных и др.). Создание классов является предварительным этапом подготовки групповой обработки. Конечным результатом классификации является формирование *групп*. Основным признаком для объединения заготовок в группы по отдельным технологическим операциям является общность обрабатываемых поверхностей или их сочетаний, при этом в состав группы часто входят заготовки различной конфигурации (рис. 2.3.9). В этом смысле понятия группы значительно шире понятия типа, являющегося основой построения типового ТП.

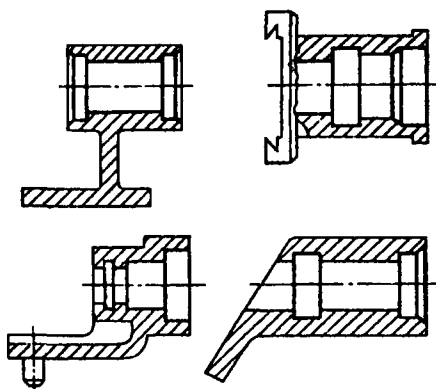


Рис. 2.3.9. Группа заготовок, обрабатываемых в одной технологической операции

При формировании группы заготовок дополнительно учитывают также следующие признаки: точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей; близость размеров исходных заготовок, позволяющая обрабатывать их на одном и том же оборудовании в однотипных приспособлениях (групповых, переналаживаемых); серийность выпуска заготовок.

Групповая обработка может ограничиваться отдельными *групповыми операциями* или применяться для построения *групповой обработки* заготовок в целом.

При проектировании отдельных групповых операций группой называют совокупность заготовок, характеризующихся общностью оборудования, технологической оснастки, наладки и технологических переходов. Группу заготовок создают для выполнения операции на одном и том же станке при его неизменной наладке. В отдельных случаях при переходе к обработке другой заготовки данной группы допускается незначительная подналадка станка (замена режущего инструмента, сменных установочных или зажимных элементов группового приспособления, перестановка линейных и диаметральных упоров и т.п.), которая должна быть осуществлена с минимальной затратой времени.

Совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих обработку различных заготовок группы (или нескольких групп) по общему маршруту, представляет собой групповой ТП. В этом случае некоторые заготовки или их группы могут пропускать отдельные операции.

Проектирование групповой технологии требует выполнения ряда последовательных процедур.

1. По чертежам изделия завода отбирают детали, которые могут быть изготовлены на одинаковом оборудовании при установке в однотипных приспособлениях с применением одинакового инструмента. При этом учитывают фактическую трудоемкость обработки отобранных заготовок (деталей) в количестве, обеспечивающем полное выполнение программы в течение определенного планового периода (месяца, квартала, года).

2. Устанавливают окончательный состав группы заготовок, обеспечивающий загрузку оборудования в течение выбранного планового периода при минимальных затратах времени на его переналадку для обработки других групп заготовок. Это исключительно важный этап, так как преимущества групповой обработки проявляются в полной мере только

в том случае, если между переналадками станка для обработки заготовок различных групп проходит достаточно большой период времени (6...8 смен и более).

В условиях мелкосерийного производства, когда заготовки обрабатывают партиями по 3–10 штук, для создания такой длительности обработки одной группы потребовалось бы объединять в нее большое количество различных по конфигурации заготовок (50–70 наименований), что привело бы к необходимости проектировать сложные многопереходные наладки станков с использованием в основном нормальных режущих инструментов, работающих последовательно. Все это приводит к снижению производительности, хотя она, конечно, значительно выше, чем при обработке мелких серий заготовок на универсальных станках без групповой переналаживаемой оснастки.

Поэтому при формировании группы рекомендуется провести расчет рациональных ее размеров путем сравнения экономичности обработки большой группы заготовок при редких переналадках станка с последовательной работой режущих инструментов и, как следствие, относительно низкой производительностью выполнения операции с экономичностью обработки нескольких более мелких групп, состоящих из тех же заготовок. В последнем случае, благодаря большей конструктивной и техно-

логической близости входящих в них заготовок, групповые операции могут быть построены с совмещением переходов и применением специальных державок и инструментов. При этом операции будут более производительными, но переналадки станка потребуются чаще.

3. Создают комплексную деталь, устанавливают последовательность и содержание переходов групповой операции и разрабатывают схему групповой наладки станка.

Наладку станка разрабатывают для наиболее сложной детали группы, включающей в себя все поверхности, встречающиеся у отдельных деталей группы. В случае, когда такая деталь в группе отсутствует, создают комплексную деталь, т.е. реальную или условную (искусственно созданную) деталь, содержащую все основные элементы, характерные для деталей данной группы, и являющуюся их конструкторско-технологическим представителем.

На рис. 2.3.10 приведена схема создания комплексной детали путем искусственного объединения отдельных поверхностей более простых деталей группы. Наладка станка, осуществленная для комплексной детали, позволяет без значительной переналадки обработать любую заготовку группы.

4. Проектируют и изготавливают групповую оснастку (приспособления и инструмент) (рис. 2.3.11).

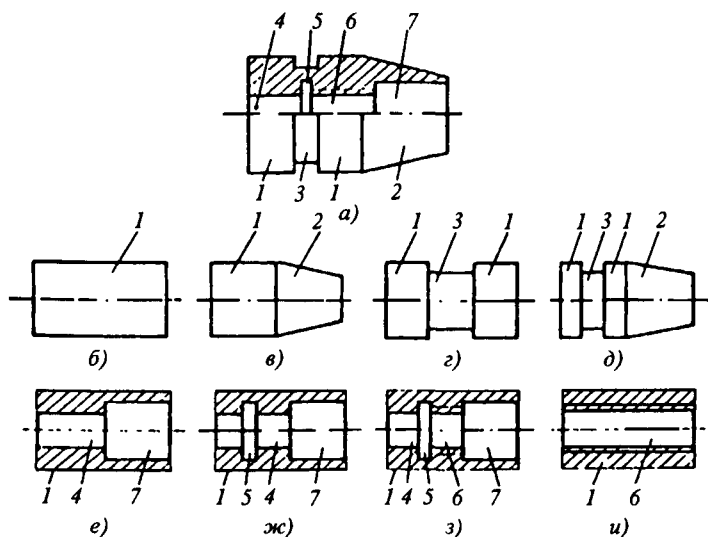


Рис. 2.3.10. Формирование комплексной детали:

а – комплексная деталь, б – группа деталей,
л–7 – сочетания элементарных обрабатываемых поверхностей

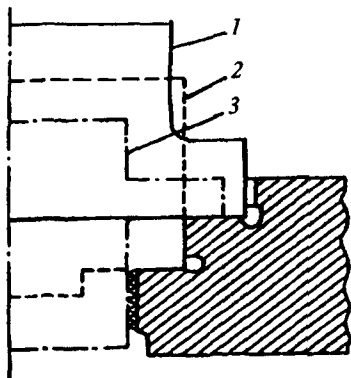


Рис. 2.3.11. Групповая оснастка (1-3 - варианты установки заготовки в приспособление)

Групповые операции с наибольшим успехом применяют для деталей, цикл изготовления которых ограничивается одной операцией (например, токарно-автоматные или токарно-револьверные операции), а также для заготовок, которые после данной операции проходят обработку по индивидуальным процессам или входят в новые группы заготовок, формируемые для других операций (рис. 2.3.12).

Типизация ТП и групповая обработка заготовок представляют собой прогрессивные методы унификации технологии, позволяющие

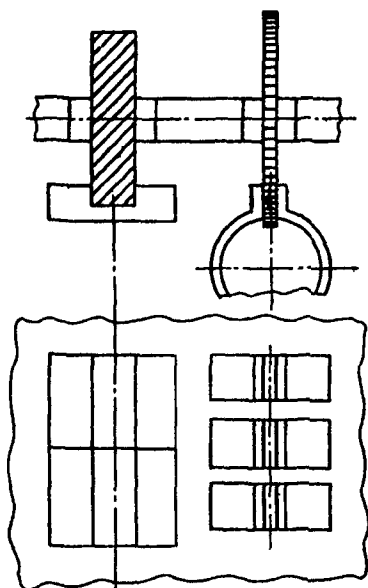


Рис. 2.3.12. Пример групповой наладки

перенести высокопроизводительные методы массового производства в условия серийного и даже единичного производства. Каждый из них имеет свою область эффективного применения, причем максимальный успех приносит рациональное сочетание методов типизации ТП и групповой обработки в наиболее выгодных для предприятия условиях.

Классификация объектов производства заключается в разделении их по признакам, содержащимся в конструкторской документации, на отдельные группы, для которых возможна разработка общих технологических процессов или операций.

Типизация технологических процессов осуществляется на трех уровнях: общесоюзном, отраслевом и предприятии.

На общесоюзном и отраслевом уровнях осуществляется разработка типовых технологических процессов соответственно межотраслевого и отраслевого применения.

На уровне предприятий осуществляется разработка и применение типовых технологических процессов для конкретного предприятия.

Разработка типовых технологических процессов на всех уровнях осуществляется в соответствии с положениями настоящего стандарта, ГОСТ Р 50-54-93-88, базируется на использовании научно-технических достижений и передового опыта промышленности и рационального использования материальных и трудовых ресурсов производства с учетом конкретных производственных условий.

Оформляют документы типовых технологических процессов в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической документации.

Исходная информация для разработки типовых технологических процессов подразделяется на:

- базовую;
- руководящую;
- справочную.

Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие, и программу выпуска этого изделия.

Руководящая информация включает данные, содержащиеся в:

- стандартах всех уровней на технологические процессы и методы управления ими, оборудование и оснастку;
- документации на перспективные технологические процессы;
- производственных инструкциях.

Справочная информация включает данные, содержащиеся в:

- документации на действующие типовые технологические процессы по данному виду обработки;
- описаниях прогрессивных методов обработки;
- каталогах, номенклатурных справочниках прогрессивного технологического оборудования и оснастки;
- материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расхода материалов и др.);
- прогнозах научно-технического прогресса и планах повышения технического уровня производства;
- методических материалах по управлению и расчетам точности технологических процессов.

Основные этапы разработки типовых ТП.

Этап 1. Классификация объектов производства.

С использованием классификаторов объектов производства создаются группы объектов производства, имеющих общие конструктивно-технологические характеристики. Для этих групп выбираются далее типовые представители.

Этап 2. Количественная оценка групп объектов производства.

Устанавливают тип производства для каждого типового представителя групп объектов производства на основе анализа плановых заданий, объемов и сроков выпуска изделий.

Этап 3. Анализ конструкций типовых представителей объектов производства по чертежам и техническим условиям, программам и типам производства.

Разрабатывают общую последовательность операций (маршрут) изготовления объектов производства созданных групп по действующим типовым ТП для данного класса деталей.

Этап 4. Выбор заготовки и методов ее изготовления.

Определяют вид исходной заготовки по виду технологического процесса, далее выбирают метод изготовления заготовки с технико-экономической оценкой выбора заготовки.

Этап 5. Выбор технологических баз.

С использованием методик выбора технологических баз выбирают поверхности базирования для основных операций изготовления объектов производства, например, деталей-представителей.

Этап 6. Выбор видов и методов обработки для каждой поверхности представителей групп деталей.

После оценки точности и качества поверхности слоя поверхностей деталей-представителей устанавливают методы обработки их от заготовки до получения технических требований по чертежу детали.

Этап 7. Составление технологического маршрута изготовления детали-представителя.

Определяют последовательность операций с выбором типов средств технологического оснащения по операциям (технологического оборудования, приспособлений, вспомогательного и обрабатывающего инструментов).

Этап 8. Разработка технологических операций.

Выбирают структуры операций: количество и последовательность выполнения технологических и вспомогательных переходов; определяют модели технологического оборудования; конкретные параметры конструкций стандартной или проектируемой оснастки; рассчитывают общие и межоперационные припуски на обработку; устанавливают исходные данные для расчета режимов обработки и нормы времени, рассчитывают их; обосновывают разряды профессий исполнителей операции.

Этап 9. Расчеты точности, производительности и экономической эффективности вариантов типовых ТП с выбором оптимального.

Этап 10. Оформление типовых технологических процессов.

Глава 2.4

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ТПП

2.4.1. АС ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ТПП – ЭЛЕМЕНТ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КИП

Машиностроительное производство представляет собой сложную систему, включающую множество структур, обеспечивающих анализ и формирование рынка, проектирование и изготовление продукции, ее реализацию и сопровождение в процессе эксплуатации. Системная интеграция всех этих направлений деятельности на базе информационных технологий в компьютеризированное интегрированное производство (КИП) является одной из основных проблем современного производства.

Автоматизация проектирования технологий машиностроения – часть комплексной проблемы инженерного труда во всех сферах функционирования производственной системы. В связи с этим систему автоматизации процессов проектирования нельзя рассматри-

вать в отрыве от системы автоматизации управления производством и, в частности, автоматизацию управления технологической подготовкой производства без автоматизации управления средствами производства, без автоматизации решения задач организации. Следовательно, при создании системы автоматизации проектирования должны быть учтены ее связи в общем комплексе автоматизации инженерной деятельности в производственном цикле.

До определенного момента повышение эффективности производства долгое время осуществлялось, в основном, за счет средств механизации и автоматизации производственных процессов. Однако, с ростом объемов и одновременным повышением сложности выпускаемой продукции, ужесточением требований к качеству, расширением кооперации, сдерживающим фактором развития производства стало отставание в области автоматизации интеллектуального труда, т.е. труда инженеров-конструкторов, технологов, экономистов, управленцев и др. В сложившейся ситуации автоматизация интеллектуального труда является необходимым условием дальнейшего роста эффективности производства.

В настоящее время сложились три основные направления автоматизации в производстве:

- управление производством (АСУП);
- технологическая подготовка производства (АСТПП);
- управление технологическими процессами (АСУТП).

По каждому из этих направлений накоплен богатый опыт и выполнено множество работ, связанных с решением конкретных производственных задач: автоматизированные системы конструирования, проектирования технологических процессов и средств технологического оснащения, планирования и управления производственными процессами, контроля качества и многие другие. Однако известно, что применение их в качестве отдельных, системно не связанных компонентов, явно недостаточно для комплексной автоматизации производства на базе современных информационных технологий и не дает ожидаемого эффекта.

Создание КИП подразумевает объединение всех систем автоматизации инженерной деятельности в целостный комплекс для формирования и поддержки проектной, технологической и организационной документации в едином информационном пространстве производственной системы с электронным документооборотом. Единое информационное про-

странство, в частности, характеризуется единой БД, одноразовым вводом информации и возможностью использовать эту информацию системой любого подразделения без копирования, т.е. на информацию БД любая прикладная система должна только ссылаться (устанавливать ссылки), не дублируя эту информацию. Такое объединение реализуется на основе:

- технических средств, объединенных в различные по конфигурации корпоративные и локальные вычислительные сети;

- программных средств, основу которых составляют классы системы автоматизации проектирования (CAD – Computer Aided Design System), технологической подготовки производства (CAM – Computer Aided Manufacturing), системы управления данными (PDM – Product Data Management);

- стандартизации форматов описания информации объектов производственного назначения, прежде всего, на основе семейства стандартов STEP.

Каждый из выделенных классов систем включает в себя множество подклассов различных по функциональному назначению и областям применения. Так, к классу систем проектирования можно отнести системы графического моделирования и оформления проектной документации, расчета на прочность, построения и расчета кинематических схем, формирования и ведения конструкторских спецификаций и т.д. Также множество подклассов систем относятся к системам производственного назначения, основные из которых отмечены выше (АСТПП, АСУП, АСУТП).

Проблема объединения всего этого разнообразия систем в единую интегрированную информационную среду, в частности, включает:

- создание инструментальных средств ведения всего комплекса систем под общей системой управления (типа PDM на корпоративном уровне);

- стандартизацию и формализацию языка описания различных объектов и процессов производственной системы;

- создание прикладных систем с достаточным уровнем автоматизации и информативности для реализации их интеграции (так, при интеграции системы конструирования и системы технологического проектирования первая – должна формировать и обеспечивать доступ к информации о технологическом облике изделия, а вторая – содержать процедуры преобразования геометрической информации в технологические проектные решения).

Ниже более детально рассматривается комплекс задач АСТПП, как наиболее наукоемкий и определяющий весь производственный процесс.

Функциональная структура АСТПП. Проблема автоматизации ТПП связана с реализацией комплекса функций по решению как собственно задач ТПП, так и задач, обеспечивающих автоматизацию их решения. Вместе с тем, учитывая необходимость системной интеграции всех этапов производственного процесса, важной задачей является взаимодействие АСТПП на информационном поле с другими производственными подсистемами.

Таким образом, функциональная структура АСТПП включает в себя следующие основные компоненты.

1. Функции, связанные с решением проектных и организационно-технических производственных задач ТПП, к которым относятся традиционные задачи:

- классификация и группирование объектов производства (расцеховка);
- обеспечение технологичности изделий;
- проектирование технологических процессов;
- проектирование средств технологического оснащения;
- подготовка управляющей информации для систем управления технологическими процессами;
- моделирование и отработка производственных систем.

2. Функции, связанные с автоматизацией решения задач ТПП:

- систематизация, хранение в электронном виде и сопровождение информации о проектах изделий (математические модели, чертежи, техническая документация), технологических процессах, средствах технологического оснащения, а также управляющей и нормативно-справочной информации;
- управление данными при решении задач ТПП;
- хранение и сопровождение технологической базы знаний, включая зависимости и процедуры, определяющие процесс принятия технологических решений;
- воспроизведение результатов решения задач ТПП в различных видах представления (графическом, текстовом, электронном);
- контроль и диагностика информационных потоков;

– сопровождение ввода изменений конструкторских и технологических решений по всем связанным с ними задачам и базам данных.

3. Функции обеспечения связей информационного поля АСТПП с другими системами производственного процесса, которые, в конечном итоге, сводятся к обмену данными на основе стандартов, согласованных с CAD/CAM и PDM системами.

На рис. 2.4.1 представлена общая структурная схема АСТПП.

Реализация функций интегрированной системы АСТПП связана с решением комплекса научно-методических и технических проблем. Основой любой интегрированной системы является единая математическая модель, объединяющая все компоненты системы в один функционально и информационно увязанный комплекс. Модель АСТПП, являясь частью общей модели производственной системы, учитывает все аспекты объекта производства (изделия) и производственной среды, влияющие на процесс принятия технологических решений.

Модель объекта производства формируется при автоматизированном проектировании изделия, используется в АСТПП в качестве исходной информации и включает:

- геометрическую информацию – в виде твердотельной или (и) поверхностной модели, описывающей форму поверхностей и их взаимное расположение, размерные параметры;
- технологическую информацию – допустимые отклонения формы и размеров, требования к шероховатости поверхностей, физико-механические свойства материала, виды покрытия или насыщения поверхностного слоя материала, зазоры и натяги, методы обеспечения точности при сборке и др.;
- информацию о структуре изделия – спецификацию в виде "дерева конструкции изделия".

Вся информация должна быть открыта и доступна для использования в АСТПП, а также системой организации и управления производством. Практически все современные CAD системы, даже "тяжелого" класса типа UNIGRAPHICS, Pro-ENGINEER не предоставляют полную технологическую информацию, характеризующую технологический облик изделия и необходимую для автоматизации процесса проектирования технологических процессов при ТПП.

Компьютеризированное интегрированное производство - К И П

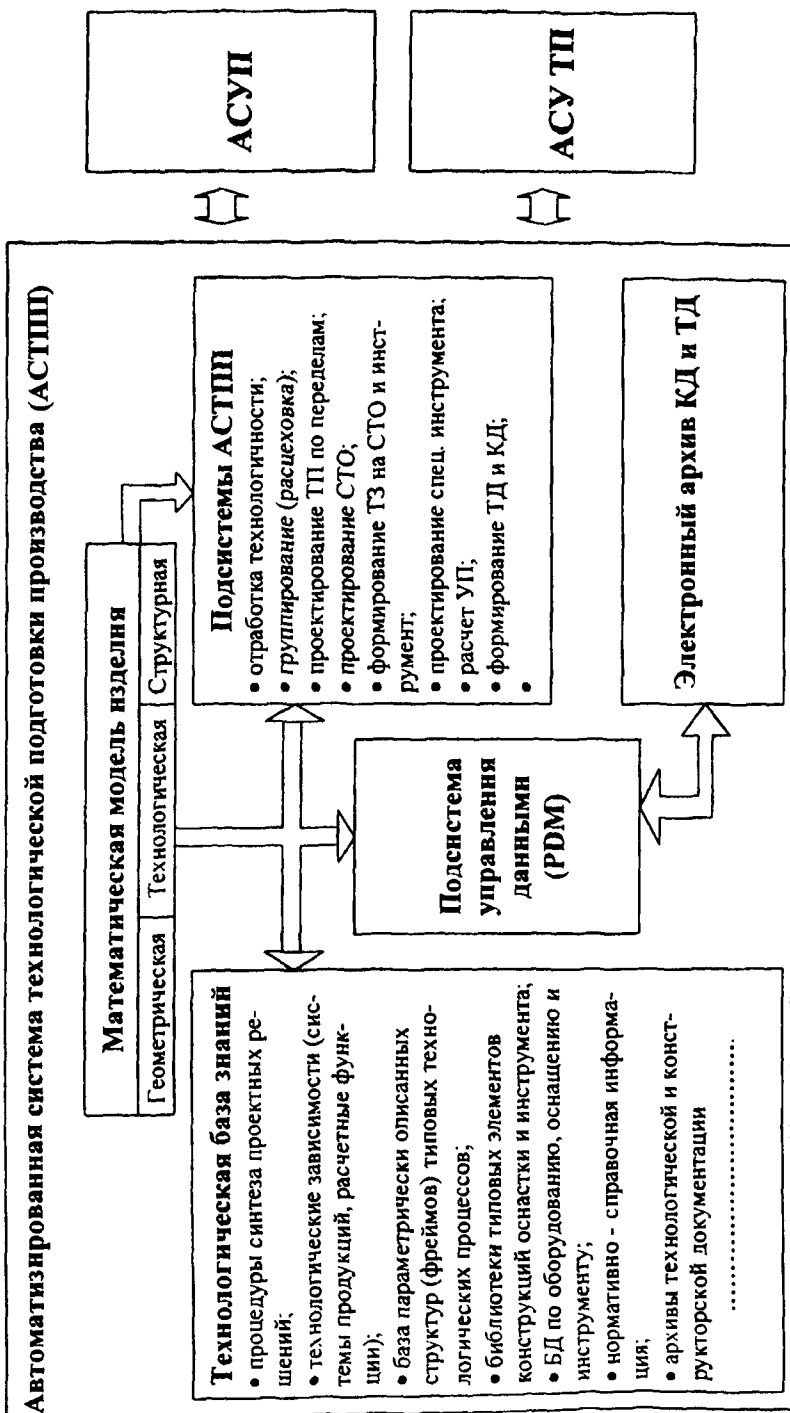


Рис. 2.4.1. Структурная схема АСТПП

Модель производственной среды, влияющей на технологические решения, включает описание технологической структуры производственных участков, баз данных оборудования, средств технологического оснащения и др.

Основу модели АСТПП составляет технологическая база знаний, которая включает различные модели преобразования информации об изделии и производственной среде в информацию о технологии изготовления этого изделия с учетом планово-экономических заданий.

Структуру АСТПП составляет комплекс подсистем решения всех перечисленных выше проектных и организационно-технических задач на основе моделей изделия, производственной среды и технологической базы знаний. В комплекс входят также подсистема управления данными и обмена информацией с системами управления технологическими процессами и производством. При этом обмен данными должен осуществляться на основе их представления в соответствии с международными стандартами не только для реализации идеи единого информационного поля, но и для обеспечения возможности дальнейшего расширения за счет ввода новых современных подсистем. Система управления данными относится к многофункциональным системам, работающим с различными типами данных.

Типовая PDM-система производственного назначения позволяет решать следующие задачи:

- ведение организационной структуры предприятия;
- ведение конструкторских проектов в привязке к подразделениям, выполняющим эти проекты;
- ведение изделий собственного производства;
- ведение стандартных и прочих изделий на проекты;
- управление конструкторской документацией в процессе проектирования;
- интеграцию с CAD/CAM-системами;
- интеграция с системами Microsoft Office;
- ведение баз данных материалов;
- ведение баз данных стандартных изделий;
- ведение стандартов и нормативно-технической документации в электронном виде;

- ведение норм расхода материалов с расчетом специфицированных и сводных норм;
- ведение "сквозных" и типовых ТП;
- ведение информации по нормативно-технологической документации (инструкций, типовых операций и т.д.);
- ведение электронных архивов КД и ТД.

Системная интеграция инженерной деятельности по этапам проектирования и производства изделия. Усложнение технических объектов, повышение требований к их качеству приводит к усложнению технологического процесса их изготовления, расширению кооперации, что, в свою очередь, влечет увеличение объемов технической и организационно-управленческой информации.

Для формирования этой информации, управления и контроля за возросшими информационными потоками требуется развитие методов и средств автоматизации интеллектуального труда по всем этапам жизненного цикла изделия в целом и на этапе технологической подготовки производства в частности. При этом набор локальных систем, даже связанных сетью, обеспечивающей обмен информацией, перестает удовлетворять возросшим требованиям. Множество форматов данных описания одних и тех же объектов в различных системах препятствует процессу их интеграции в единый комплекс. Необходимость разработки интерфейсов, порою очень сложных, для информационной стыковки различных систем приводит к значительным затратам при их комплексации и существенным, иногда непреодолимым, трудностям при желании создания "сквозных" систем.

Различные задачи по этапам жизненного цикла изделия (включая этап ТПП), относятся к разным предметным областям и решаются разными программными продуктами, которые создавались независимо, различными разработчиками, и, в общем случае, между собой несовместимы. Велик набор предметных областей и типов данных, связанных даже с простейшим изделием.

Задача обмена данными между прикладными системами в настоящее время решается одним из двух способов:

1. Написанием интерфейсов между системами (рис. 2.4.2).

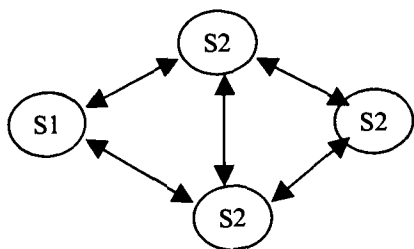


Рис. 2.4.2. Пример написания интерфейсов между системами

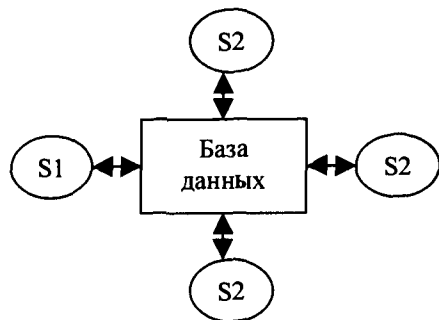


Рис. 2.4.3. Пример написания интерфейсов для каждой системы с общей базой данных с унифицированным форматом

2. Написанием интерфейсов для каждой системы с общей базой данных с унифицированным форматом (рис. 2.4.3).

Недостаток первого варианта – в большом количестве оригинальных интерфейсов, второго – в сложности создания универсального формата, учитывающего специфику всех систем, поэтому он используется на ограниченных областях.

Следствием возникших проблем стало введение концепции CALS-технологии (Computer Acquisition and Life Cycle Support) как направление автоматизации информационной поддержки изделия по всему его жизненному циклу, включая этапы проектирования и производства. Основой CALS-технологии служит идея унификации и стандартизации спецификаций всей документации: проектной, технологической, производственной и эксплуатационной.

CALS-технология ориентирована на построение единой модели изделия, отражающей основные аспекты, относящиеся к ее проектированию, производству и другим этапам ее жизненного цикла, что связано с описанием

различных предметных областей, которые характеризуются разными объектами, свойствами и отношениями, и представляются разными типами данных.

Построение такой модели требует применения такого унифицированного формата данных, который охватывал бы все описываемые в ней предметные области.

Большинство существующих форматов предметно ориентированы и ограничены описанием отдельных видов информации – геометрических моделей, текстовой информации, реляционных моделей и др.

Стандартом, который в наибольшей степени отвечает необходимым требованиям и который возник в ответ на потребность обмена данными между различными приложениями, является ISO 10303 STEP. Стандарт STEP является средством, предназначенным для решения задачи информационной интеграции.

Согласно стандарту ISO 10303 STEP математическая модель состоит из связанных между собой объектов. Все объекты систематизируются и классифицируются по свойствам. Объекты, имеющие одинаковый набор свойств, относятся к одному типу. Внутри типа объекты отличаются значениями свойств.

В качестве основного языка представления данных и межпрограммных обменов используется EXPRESS (стандарт ISO 10303-11, который входит в совокупность стандартов STEP).

EXPRESS относится к декларативным языкам и определяется как язык спецификации данных. Он состоит из элементов языка, которые позволяют однозначное определение данных и спецификацию ограничений на эти данные. Язык сфокусирован на определении сущности. Сущности представляют моделируемые объекты и определяются через их свойства. Свойства характеризуются областью их значений и ограничениями, накладываемыми на эти значения. Вся информационная модель разбита на связанные между собой схемы. Схема является самым верхним уровнем описания информационной модели.

Стандарты STEP представляют собой только одну, хотя и чрезвычайно важную, сторону проблемы системной интеграции при создании АСТПП и реализации CALS технологий в целом. Данное семейство стандартов регламентирует язык, т.е. словарь символов, синтаксис и семантику, для описания объектов и процессов из различных областей жизненного цикла изделия.

Рассмотренный аспект интеграции систем на этапах проектирования и производства не исчерпывает данную проблему. Здесь не затронуты вопросы технического обеспечения, специальных механизмов реализации обмена данными типа технологий OLE, возможности современных СУБД по организации хранения и обработки данных и многое другое, что детально изложено в специализированной литературе.

Отдельно стоит вопрос интеграции систем автоматизированного конструирования изделий и проектирования технологических процессов их изготовления. Попытки решить эту проблему неоднократно проводились с началом работ по созданию САПР технологии. К тому времени для подготовки чертежей уже использовались системы интерактивной графики и графического моделирования (СИГ, ГРАФОР, ANVIL и др.) и вводить данные о геометрических и размерных параметрах изделия "вручную" представлялось неразумным, так как подготовка этих данных занимала до 80 % времени автоматизированного проектирования технологического процесса.

Однако уровень интеграции этих систем до сих пор чрезвычайно низкий. В САПР-Т механической обработки за исключением отдельных самых простейших типовых деталей технолог сам должен идентифицировать обрабатываемые поверхности, размерные связи, параметры точности и качества. Эскизы оформляются в виде выделенных технологом фрагментов чертежа или выбираются из библиотеки типовых изображений и не отображают изменение формы детали в процессе обработки. В САПР-Т сборки из САПР-К практически передается только спецификация изделия, что недостаточно для решения подавляющего большинства задач проектирования сборочного технологического процесса.

Это связано с несколькими причинами:

1. Информационная модель изделия, отражающая все свойства, необходимые для проектирования технологического процесса его изготовления в большинстве систем геометрического моделирования и конструирования в полной мере не формируется. Так, для проектирования технологии механической обработки деталей необходимо общее описание детали, описания видов и относительного положения всех поверхностей, точности размеров, форм и положений поверхностей, их качественные и физико-химические параметры. В наибольшей

степени такая информация имеется в так называемых системах "тяжелого" класса типа Pro/ENGINEER и Unigraphics с параметрическим твердотельным моделированием.

2. Разработчики CAD систем, руководствуясь ограниченными целями своих систем, не обеспечивают разработчикам систем проектирования технологических процессов доступа к информации. Даже из выходной информации стандартных форматов обмена геометрических данных (dxf, Igs, sat и др.), в виду их ориентации на внутреннее пользование, довольно сложно получить необходимые данные о свойствах и отношениях поверхностей для проектирования технологии. Поэтому идентификацию поверхностей, большинство их свойств и отношений, необходимых для технологического проектирования, приходится вводить вручную. Путь решения этой проблемы — объединение усилий разработчиков САПР-К и САПР-Т.

3. Большинство существующих систем САПР-Т построены на основе библиотек типовых решений и не могут использовать данные электронной модели изделия, так как не имеют алгоритма синтеза технологического процесса в целом, а не его элементов, на основе описания свойств отдельных элементов конструкции и их взаимосвязей.

Чтобы обойти это ограничение, хотя бы на отдельные группы конструктивно и технологически подобных деталей, в настоящее время постепенно вводится в практику разработка и использование единых конструкторско-технологических модулей, представленных в виде параметрических моделей отдельных конструктивов. Эти конструктивы служат не только в качестве "кирпичей" для конструирования, но и как идентификаторы типовых модулей для систем технологического проектирования. Примером такого подхода является введение библиотек конструктивно-технологических модулей в системе Pro/ENGINEER и механизм передачи данных о геометрии простых типовых деталей из САПР-К в САПР-Т в некоторых отечественных системах.

На рис. 2.4.4 представлен вариант схемы интеграции системы проектирования детали и технологии ее изготовления на основе единой классификации деталей и их конструктивных модулей. Здесь фигурные стрелки показывают направления информационных потоков, а простые — общность конструктивных базовых элементов.

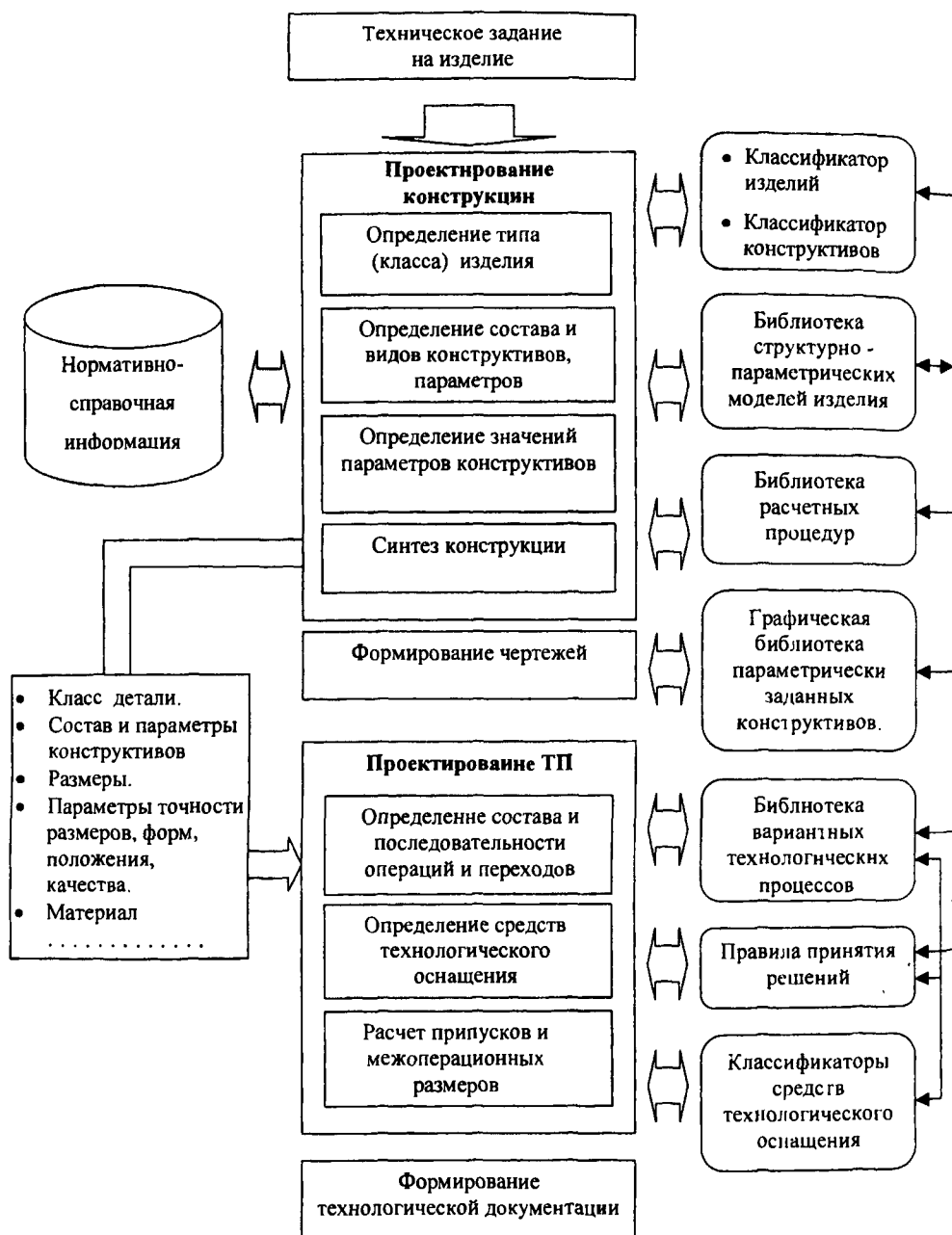


Рис. 2.4.4. Схема интеграции САПР-К и САПР-Т

Для сложных изделий, плохо объединяющихся в технологически подобные группы, такой подход не целесообразен, так как в этом случае очень сложно выделить все конструктивные модули и варианты их исполнения.

Кроме того, к ограничениям данного подхода следует отнести необходимость разработок объемных классификаторов конструктивных и технологических параметрически заданных связанных между собой модулей.

Все модули объединяются единой структурно-параметрической моделью и входят в общую базу данных обеих систем.

Интеграцию без привязки к конкретным классам деталей с обеспечением сквозного проектирования конструкции детали и технологии ее изготовления можно обеспечить в полной мере только с генерирующими системами, реализующими синтез технологии на основе описания поверхностей детали и производственной среды.

Автоматизация проектирования в ТПП. Проектирование представляет основной объем инженерных работ в комплексе задач ТПП. Проектирование технологических процессов, включая управляющие программы для СЧПУ, станочных, сборочных и контрольных приспособлений, режущего, измерительного и вспомогательного инструмента, а также многое другое является неотъемлемой частью технологической подготовки практически любого машиностроительного предприятия. С усложнением выпускаемой продукции, особенно с повышением требований к ее качеству, объем и сложность этих работ постоянно растет и выполняется с использованием средств автоматизации. При этом с ростом объемов и сложности стоящих перед ТПП задач, постоянно повышаются и требования к соответствующим системам автоматизации проектирования. Эти требования относятся, прежде всего, к повышению уровня автоматизации, расширению функций до охвата всего комплекса задач ТПП, интеграции различных систем в единый комплекс и обеспечению взаимодействия через возможность обмена данными с другими системами автоматизации интеллектуальной деятельности в производстве и других сферах обеспечения и поддержки жизненного цикла изделия.

В целом можно выделить следующие направления автоматизации проектирования технологических процессов:

- по предварительно сформированным библиотекам типовых ТП, операций и переходов, как правило, с использованием аналогов;
- на основе групповых технологических процессов (вариантное проектирование) по типовому представителю или по комплексной детали;
- синтез технологических процессов на основе генерации проектных решений, где ав-

томатически формируется описание технологии изготовления по свойствам конструкции изделия и модели производственной среды.

Развитие общесистемных инструментальных средств по организации диалоговых режимов вызвали усиленный интерес к разработке и совершенствованию именно этого метода автоматизированного проектирования в ущерб уровню автоматизации.

Под влиянием возможностей ОС "WINDOWS" и приложений "Microsoft Office" выполнено множество систем диалогового проектирования с использованием аналогов и на базе библиотек групповых технологических процессов.

Последние системы, при этом, подразделяются по виду предварительно разрабатываемого и хранимого в БЗ группового процесса.

В подавляющем большинстве – это ТП на деталь-представитель. В этом случае состав возможных операций и переходов ограничен теми поверхностями и свойствами, которые характеризуют деталь-представитель.

Другой вариант – ТП на искусственную деталь, описанную комплексным чертежом. В этом случае в чертеж включаются все возможные для рассматриваемой группы деталей поверхности, при этом могут учитываться и различные виды исполнения одних и тех же конструктивных элементов. В этом случае групповой ТП охватывает большее разнообразие деталей, что существенно расширяет область применения системы, построенной по данному принципу. Однако здесь требуются усилия по разработке чертежа на комплексную деталь и построения технологического процесса ее изготовления, который вводится в БЗ в качестве обобщенного технологического процесса на всю представляемую ей группу.

Примерами подобных систем автоматизированного проектирования служат система "ТехноПро", частично интегрированная с САПР-К "Т-Flex", и технологический модуль системы "ИНТЕРМЕХ", где также имеются элементы интеграции систем конструирования и технологического проектирования.

Имея наглядные средства интерактивного режима, достаточно большую и разнообразную базу данных, информационные связи с другими подсистемами в рамках своих программных сред, эти системы, тем не менее, оставляют за человеком решение наиболее трудоемких задач проектирования технологии

изготовления изделий. Технологом формируются операции, задается последовательность операций и переходов, рассчитываются межоперационные размеры и др.

Существенной характеристикой каждого из направлений создания САПР-Т является возможность интеграции с САПР-К.

Интеграция систем диалогового проектирования с системами конструирования в принципе не реализуема, так как интеграция подразумевает автоматическую идентификацию свойств конструкции и принятие соответствующих технологических решений, а это уже не диалоговый режим.

Интеграция систем проектирования технологии на основе типовых (вариантных) методов решения с системами конструирования может быть реализована на основе единой в САПР-К и САПР-Т классификации деталей и их конструктивных модулей (см. рис. 2.4.4).

Наиболее полная интеграция с САПР-К со сквозным проектированием может быть реализована у генерирующих систем, реализующих синтез технологии на основе описания поверхностей детали и производственной среды без привязки к конкретным классам деталей.

Другой большой областью автоматизации проектирования в ТПП является проектирование средств технологического оснащения, где наибольшее распространение получили работы по автоматизации проектирования станочных приспособлений, штампов и пресс-форм, отдельных видов сборочной оснастки и режущего инструмента.

В проектировании средств технологического оснащения, как и любого изделия, можно выделить три основных этапа:

1. Проектирование, где определяются все свойства конструкции изделия, обеспечивающие выполнение его служебного назначения в соответствии с техническим заданием, рассчитываются функциональные параметры (твердость, формы, размеры и точность исполнительных органов и поверхностей, усилия, передаточные отношения), строятся математические модели сложных фасонных рабочих поверхностей.

2. Конструирование, где выбираются стандартные, типовые или, если таковых не оказывается, оригинальные конструктивные решения для реализации требуемых функций изделия и условий эксплуатации, определяются и рассчитываются необходимые параметры

размеров и точности, определяется материал конструктивных элементов и др.

3. Оформление документации в виде чертежей, математических моделей и сопроводительных текстов в соответствии с принятыми стандартами на бумажных носителях и (или) в электронном виде.

Автоматизация первого этапа связана с установлением и формализацией зависимостей между требованиями служебного назначения и свойствами элементов конструкции, реализующими эти требования. В наибольшей степени такие зависимости определены для режущего инструмента, что и позволило создать системы его проектирования с наибольшим уровнем автоматизации. На этом же этапе строятся математические модели описания сложных фасонных формообразующих поверхностей оснастки для подготовки управляющих программ их обработки или использования в технологиях послыного синтеза. Эти модели получаются в результате преобразований математических моделей поверхностей основного изделия с учетом припусков и деформаций, происходящих с заготовкой в процессе изготовления деталей на данной оснастке.

Автоматизация второго этапа, как правило, связана с определением состава конструктивов, расчета значений их параметров и компоновкой конструкции в соответствии с выбранной (автоматически или вручную) схемой. Информационной базой для данного этапа служат библиотеки параметрически описанных конструктивов и расчетных функций, связанных с конкретными компоновочными схемами по типажам оснастки или инструмента.

Третий этап связан с графическим оформлением результатов проектирования в соответствии с принятыми стандартами и реализуется соответствующими модулями оформления чертежей, которые имеются практически во всех системах проектирования.

Наибольшее распространение автоматизации конструкторских работ в ТПП получило проектирование штампов, пресс-форм, формообразующего инструмента (для электрофизических и электрохимических методов обработки) и режущего инструмента. Здесь разработаны системы, полностью автоматизирующие последние 2 этапа проектирования, и частично, 1-й этап.

Вместе с тем, на многих крупных машиностроительных предприятиях основным средством автоматизации проектирования в

подразделениях ТПП остаются системы двух- и трехмерной машинной графики, которые значительно облегчают работу конструкторов, но не являются системами конструирования и автоматизируют в полной мере только 3-й этап проектных работ.

2.4.2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Проектирование технологических процессов изготовления изделий является основной задачей технологической подготовки производства, при решении которой формируется информация для управления и организации производственного процесса.

Работы развиваются по двум различным направлениям:

1. Автоматизация с использованием методов типового проектирования, которое сводилось к организации поиска проектных решений из предварительно сформированных и различным образом организованных библиотек готовых решений. Данное направление автоматизирует уже сложившийся процесс проектирования с использованием разработанных классификаторов изделий и множества альбомов типовых и групповых технологических процессов. По сути, это не проектирование, а поиск аналогов и их редактирование под конкретные требования. Серьезных работ по формализации здесь не требуется, так как все зависимости выражаются через соответствия в виде таблиц применимости. Со временем данное направление развивалось и продолжает развиваться в сторону создания и использования в качестве поисковых схем структурно-параметрических моделей объектов и средств производства с заданными связями между ними. Такие модели в дальнейшем могут быть использованы в качестве декларативной части базы знаний для создания экспертных систем проектирования.

2. Автоматизация проектирования на базе формализации технологических знаний и процесса проектирования. Сложность формализации знаний, описанных, в основном, на вербальном уровне, их различия по методам решения привело к некоторому отставанию во времени реализации решений по данному направлению. Сначала автоматизировалось решение наиболее формализованных задач, связанных с вычислением и поиском (расчеты режимов резания, припусков, технологических

размерных цепей) [3, 9]. Параллельно велись работы по определению свойств, характера и классов взаимодействий элементов конструкции (поверхностей и деталей) с установлением функциональных связей с технологическими решениями, обеспечивающими выполнение этих свойств и взаимодействий [5, 10]. Результатом этих работ стали системы проектирования индивидуальных технологических процессов, основанных на синтезе технологического проекта, а не поиске из базы готовых решений. При этом, из-за недостаточного уровня формализации, системы ориентировались или на ограниченный класс деталей, как правило, валы [2], или на задание в качестве исходных данных схем базирования и структуры технологического процесса (как в САПР ТП, разработанной в научно-производственном объединении "Кислородмаш"), или задание возможных вариантов состава и последовательности операций и переходов [5], как еще не формализованной области проектирования технологии.

Наряду с необходимостью формализованного описания свойств и отношений между объектами технологии и их связей с технологическими решениями необходимо формализовать сам процесс проектирования, т.е. на основе декларативных знаний о закономерностях технологии построить модель преобразования исходных данных об изделии в проект технологии изготовления этого изделия в соответствии с заданными техническими требованиями.

Системы автоматизированного проектирования технологических процессов по-искового типа. Данное направление в виду относительной простоты формализации и программной реализации получило наибольшее распространение. Основная форма описания моделей поисковых систем – это система таблиц решений и (или) соответствий в виде булевых матриц, в которые заносятся эмпирические знания о свойствах и связях элементов технологии, отражающих как общие технологические зависимости, так и опыт конкретного производства.

Формально правила в базе описываются в виде импликативных высказываний типа $A \rightarrow B$, где A – конъюнкция высказываний о значениях параметров, предопределяющих выбор решения из множества возможных решений B .

В таблицах решений каждому значению высказывания A ставится в соответствие зна-

чение высказывания B , при котором функции $A \rightarrow B$ принимает значение "истинно".

Таблицы решений (рис. 2.4.5) предназначены для определения одного единственного решения и строятся, как правило, двумя способами:

1. В виде дерева (рис. 2.4.5 а), где конечные элементы – это решения b_i из множества возможных B , к которым приводит цепь условий (A) , где A_i – имя i -го параметра, a_{ij} – одно из его возможных значений;

2. В виде матриц (рис. 2.4.5. б), где имена (A_i) и значения (a_k) параметров условий указываются в наименованиях строк и столбцов, а решения (b_{ij}) – в местах их пересечений.

В любом случае решение ищется путем проверки на совпадение высказывания $A = a_{1i} \wedge a_{2j} \wedge \dots \wedge a_{kn}$ с заданным в исходных данных.

Наглядными примерами таких таблиц могут служить таблицы выбора зубошевингового станка из [7] (табл. 2.4.1, 2.4.2), где

A			B
A_1	...	A_n	
a_{11}	...	a_{n1}	b_1
		...	
		a_{nj}	b_m
...	...	...	
a_{1k}	...	a_{n1}	b_c
		...	
		a_{ni}	B_i

а)

A_j	A_m	A_1								
		a_{11}			...				a_{1k}	
		A_2								
		a_{21}	...	a_{2j}	a_{21}	...	a_{2j}	a_{21}	...	a_{2j}
a_{j1}	a_{m1}									
	...									
	a_{js}									
...	a_{m1}									
	...									
	a_{js}									
a_{jk}	a_{m1}									
	...									
	a_{js}									

б)

Рис. 2.4.5. Таблицы решений

2.4.1. Таблица решений для выбора зубошевинговального станка (тип 1)

D	60	125		300			320								500			800		
m	–	1,5	6	1,5	2	6		8	1,5	1,75	2		6		8	1,75	2	8	2	8
L	–	–	110	–	110	80	110	80	–	110	80	110	80	200	200	–	80	200	–	200
α	–	–	35	–	35	17	35	17	–	35	17	35	17	35	35	–	17	35	–	
P	–	–	1	–	1	2	1	2	–	1	2	1	2	1	3	3	–	2	3	–

2.4.2. Таблица решений для выбора зубошевинговального станка (тип 2)

Длина детали L , мм	Угол наклона зуба α	Модуль m зуба, при диаметре D детали, мм																	
		60	125		300				320				500			800			
		–	1,5	6	1,5	2	6	8	1,5	1,75	2	6	8	1,75	2	8	2	8	
80	17	–	–	1	–	1	2	2	–	1	2	2	3	–	2	3	–	3	
80	35	–	–	1	–	1	1	–	–	1	1	1	3	–	–	3	–	3	
110	35	–	–	1	–	1	1	–	–	1	1	3	3	–	–	3	–	3	
200	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	–	–	–	3	–	3	

D, m, L, α – значения диаметра, модуля, длины и угла, влияющие на выбор станка, P – решение, т.е. номер станка.

Таблица решений обеспечивает использование простой процедуры поиска решения, однако при достаточной сложности высказываний $A = a_{1i} \wedge a_{2j} \wedge \dots \wedge a_{kn}$ может иметь очень большое число строк из-за повторов значений $b_i \in B$ для различных сочетаний элементов A . В этом случае более рационально использовать таблицы соответствий, где такие повторы исключены. Кроме того, таблицы соответствий используются, когда решений может быть несколько.

В левой части таблицы соответствий расположена область решений рассматриваемого соответствия, в верхней части таблицы расположена область отправления, содержащая комплекс параметров условий применимости решений $\{A_i\}$ и их значения $\{a'_j\}$. На пересечении столбцов и строк указываются значения логической переменной $\{x'_{jk}\}$, устанавли-

вающие истинность или ложность соответствия между решениями и значениями параметров. Истинность соответствия обозначают единицей, ложность – нулем. При поиске решений по таблице соответствий принимаются те решения, для которых логические переменные имеют значение "истинно", т.е. – 1.

В общем виде таблица соответствий представлена в табл. 2.4.3.

2.4.3. Таблица соответствий

A	A_1			...	A_n		
	a_1^1	...	a_k^1		a_1^n	...	a_k^n
B_1	x_{11}^1		x_{1k}^1	...	x_{11}^n	...	x_{1k}^n
B_2	x_{21}^1	...	x_{2k}^1	...	x_{21}^n	...	x_{2k}^n
...	...	...	...	...	...	...	...
B_l	x_{l1}^1	...	x_{lk}^1	...	x_{l1}^n	...	x_{lk}^n

Простота подготовки и программной реализации поиска по таким таблицам обеспечили их широкое распространение в системах технологического проектирования.

Дополнив таблицы соответствия схемами допустимых сочетаний проектных решений, В.В. Павловым разработана система математических моделей описания структур технологических процессов в зависимости от свойств изготавливаемого изделия [5]. Модели отличаются по жесткости структуры предлагаемых технологических решений:

- табличная модель, когда определенной совокупности свойств изделия ставится в соответствие единственная по составу и последовательности элементов структура технологического процесса, т.е. реализуется принцип типового проектирования;

- сетевая модель, когда допускается вариантность решений по составу элементов структуры технологического процесса при неизменной последовательности. В этом случае модель дополняется допустимыми сочетаниями элементов структуры технологического процесса. Такая модель обеспечивает принцип вариантного проектирования, который в настоящее время получил широкое распространение и в той или иной форме реализуется практически во всех системах проектирования технологических процессов;

- перестановочная модель, когда допускается вариантность решений по составу и последовательности элементов структуры технологического процесса. В этом случае модель дополняется не только допустимыми сочетаниями элементов, но и вариантами последовательности их выполнения. Такая модель обеспечивает расширенный принцип вариантного проектирования, где допускаются варианты последовательности.

Все эти модели, включая сетевые и перестановочные, имеют общее узкое место, характерное для всех поисковых систем: ограниченность области применения относительно простыми типизируемыми классами изделий и большая трудоемкость работ по предварительной подготовке типовых или вариантных решений под конкретные классы изделий.

Для того чтобы, хотя бы частично, этого избежать, стали разрабатываться системы диалогового проектирования, где элементы структуры технологического процесса строит сам технолог, а автоматизация связана с поиском средств технологического оснащения и спра-

вочных данных, выполнением расчетов режимов резания и нормирования, оформлением технологической документации и др. Со временем накапливается архив технологических процессов, который, предварительно систематизировав, можно использовать как базу аналогов. Большинство разработчиков коммерческих реализуемых систем технологического проектирования пошло именно по этому пути.

Вместе с тем, необходимо помнить, что при таком подходе основная проблема по повышению уровня автоматизации и уменьшению субъективизма при принятии технологических решений, а также интеграции с другими системами, прежде всего с системами проектирования, практически не решается.

При вариантном проектировании, хотя и на ограниченных классах изделий, достигается высокий уровень автоматизации проектирования за счет формализации моделей описания изделий и технологических процессов их изготовления.

При разработке и эксплуатации системы, реализующей данный принцип, важно правильно определить область ее применения. Допустимость вариантных решений для технологии механической обработки позволяет не ограничиваться узкими классами простейших деталей, а эффективно использовать системы такого типа для достаточно сложных и разнообразных по конструктивному исполнению классов деталей, типа зубчатых колес, фланцев, деталей арматуры и других. Большой сферой применения таких систем является инструментальное производство, где имеется большая номенклатура достаточно сложных изделий с высоким уровнем унификации конструкций.

На рис. 2.4.6. представлен пример схемы структуры системы, реализованной по принципу вариантного проектирования. Автоматизированное проектирование рабочего технологического процесса заключается в выборе из обобщенного процесса операций и переходов, необходимых для обеспечения требуемых свойств конкретной детали.

Система проектирования технологии на основе вариантного проектирования включает инструментальную оболочку, базу знаний и решатель.

Оболочка обеспечивает дружественный интерактивный режим с пользователем при вводе и редактировании задания на проектирование, ведении базы знаний, включая возмож-

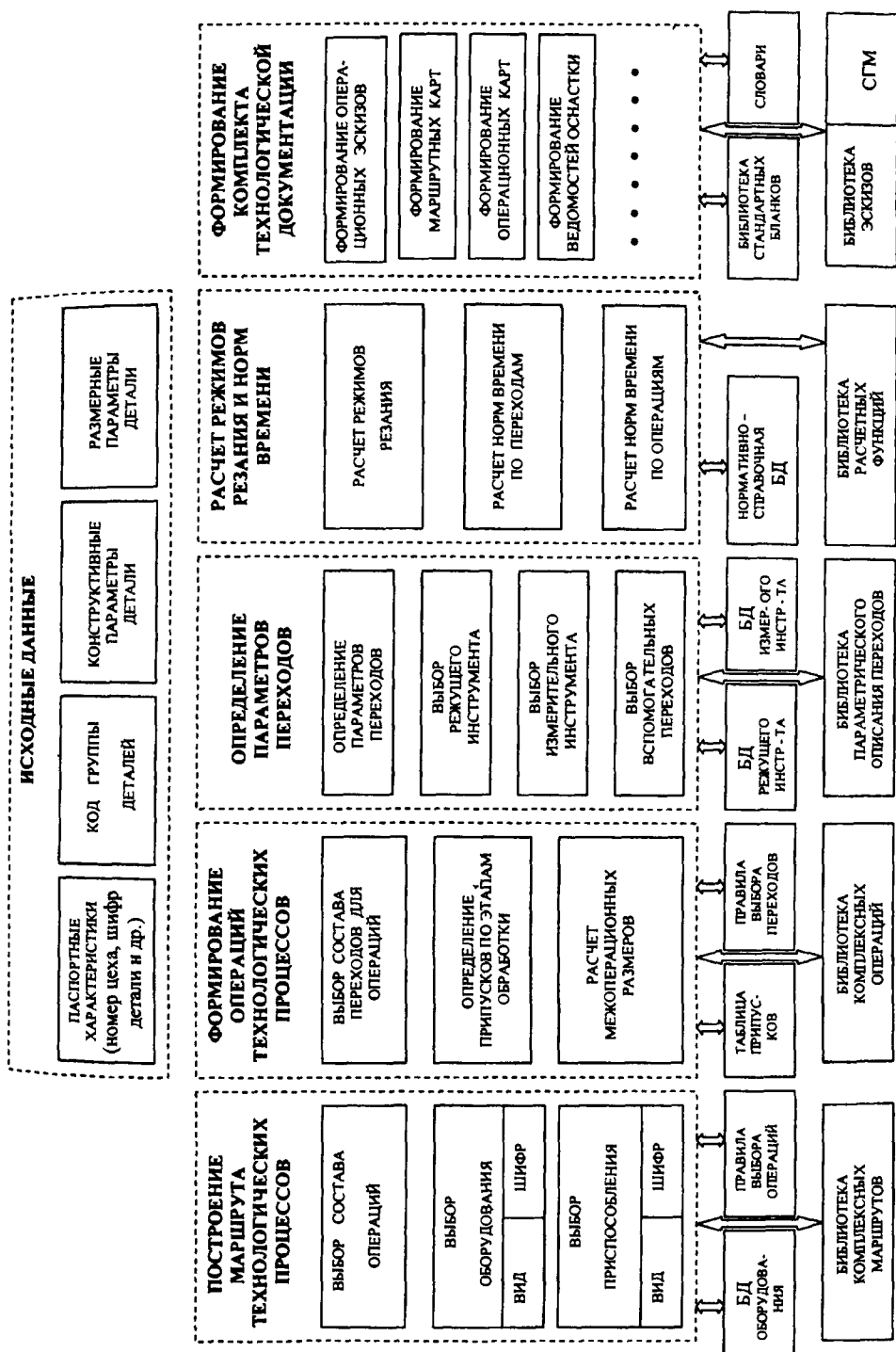


Рис. 2.4.6. Система автоматизированного проектирования технологии на основе вариантов технологических процессов

ность формирования новых правил выбора проектных решений, корректировки структуры и содержания выходной технологической документации.

База знаний включает в себя систему взаимосвязанных библиотек обобщенных технологических процессов по классам деталей, включающих комплексные маршруты и операции, параметрическое описание переходов, библиотеку операционных эскизов, словари, таблицы нормативных данных, классификаторы оборудования и инструмента и др.

Решатель, исходя из конструкторских свойств конкретной детали, обеспечивает выбор необходимого состава операций (маршрута) и переходов, расчет переменных параметров, включая припуски и межоперационные размеры, и формирование текстовой и графической технологической документации. Методические основы такого подхода подробно описаны в работе [2].

Обобщенная (групповая) технология представляется в виде технологического процесса изготовления искусственной (комплексной) детали, обладающей совокупностью признаков некоторой группы конструктивно и технологически подобных деталей.

Для расширения каждого класса предусматривается возможность введения в базу знаний системы правил для выбора технологических проектных решений. Это обеспечивает пользователю возможность изменять или добавлять по своему усмотрению новые правила, учитывающие различные варианты конструкции деталей.

Модель каждого вариантного технологического процесса представлена в виде множества упорядоченных операций, где каждая операция содержит описание входящих в нее переходов, оборудования, оснастки. Описание каждого перехода представляет собой упорядоченное множество параметров перехода. Все параметры подразделяются на переменные, значения которых изменяются для каждой конкретной детали (значения исполняемых размеров и параметры точности), и постоянные, значения которых не изменяются для переходов из одной группы деталей (вид и состав обрабатываемых в переходе поверхностей, вид и шифр режущего инструмента). Варианты состава операций и переходов формируются в зависимости от конструктивных особенностей конкретной детали.

Структура технологических библиотек представлена в табл. 2.4.4 – 2.4.6.

2.4.4. Библиотека комплексных маршрутов

Класс детали	Признак применимости	Наименование операции	№ операции	Вид оборудования	Шифр оборудования	Вид приспособления	Шифр приспособления

2.4.5. Библиотека комплексных операций

Класс детали	Наименование операции	№ операции	Номер перехода	Признаки применимости	№ эскиза

2.4.6. Библиотека описания параметров переходов

Класс детали	№ операции	№ перехода	Метод обработки	Вид поверхности	№ поверхности	Значение шероховатости	Значение точности

Вид режущего инструмента	Шифр режущего инструмента	Обозначение размера	Вид припуска	Вид измерительного инструмента	Шифр измерительного инструмента	Количество типовых поверхностей

При подобной модели представления технологических знаний для автоматизированного проектирования относительно легко реализовать схему интеграции с системой проектирования изделия (см. рис. 2.4.4).

Системы автоматизированного проектирования технологических процессов на основе генерации проектных решений. САПР-Т поискового типа, несмотря на свою привлекательность в части относительной простоты их создания, имеют существенные ограничения принципиального характера.

Во-первых, все подобные системы ограничены областью технологически типизируемых изделий, т.е. таких, технология изготовления которых вписывается в некоторый обобщенный технологический процесс. Из деталей машиностроения это, как правило, несложные детали типа тел вращения, детали арматуры и некоторые другие. Сложные по конструкции детали корпусов, рычагов, кронштейнов и других, для которых характерна оригинальность конструкций и схем постановки размеров, не могут объединяться в технологически подобные группы. Такие детали требуют, так называемого, индивидуального проектирования, где строится оригинальная структура всего технологического процесса, что системами поискового типа не предусматривается.

Во-вторых, такие системы требуют значительных по трудоемкости затрат на подготовку и ввод в технологические базы данных библиотек типовых или вариантных технологических процессов, наряду с классификаторами оборудования, и других средств технологического оснащения.

В-третьих, эти системы имеют очень ограниченные возможности по интеграции с системами проектирования из-за нестыковки языков и аспектов описания конструкции изделий.

Преодоление этих ограничений возможно в системах, реализующих процесс генерации проектных решений.

Методологические проблемы создания таких систем заключаются в необходимости определения структуры процесса проектирования, его логической организации, а также средств, обеспечивающих определение этой структуры и логики процесса проектирования [11]. При этом рассматриваются вопросы определения, обобщения и формализации функциональных связей взаимодействия элементов

конструкции между собой и с элементами производственной среды в комплексе с функциями проектирования структурных элементов технологии.

Использование ЭВМ при проектировании требует построения математической модели и представления решаемой задачи в формализованной абстрактной форме. Это означает возможность конкретизации знаний с раскрытием свойств задачи, которое обуславливает ее программную реализацию.

Математическое моделирование процесса проектирования технологии механосборочного производства. Метод синтеза технологического процесса строится на основе изучения задач технологии с точки зрения их внутреннего содержания, определения закономерностей их решения через взаимосвязи объектов технологии. Сущность технологических задач определяется путем рассмотрения взаимодействий, вид и тип которых могут быть описаны через отношения и условия их выполнения.

Анализ функциональных связей объектов технологии, предопределяющих выбор технологических проектных решений, позволяет выявить и формализовать основные закономерности проектирования технологии.

На первом этапе определяются общие функциональные зависимости проектных решений от исходных взаимосвязей объектов технологии. На втором этапе — отношения объектов проектирования на предметных областях. На третьем — процедуры построения элементов проекта и проекта в целом.

Анализ задач проектирования технологических процессов сборки показывает, что проектирование технологии сборки и механической обработки основывается на единой методической базе. В обоих случаях зависимости свойств и взаимодействий элементов конструкции и производства, определяющие технологические решения по структуре и последовательности технологического процесса имеют общее формализованное описание.

В связи с этим имеется возможность описать обобщенную математическую модель обоих этих процессов с выделением некоторых особенностей каждого из них.

Такая модель включает в себя как формализованное описание свойств и виды взаимодействий элементов конструкции и производственной среды, так и зависимости, определяющие условия, при которых между этими эле-

ментами обеспечиваются правильные с технологической точки зрения взаимодействия.

Построение этой модели связано с выполнением следующих этапов:

- классификация взаимосвязей элементов конструкции между собой и с элементами производственной среды через систему отношений между ними;

- определение и описание логических функций, характеризующих условия истинности отношений, существующих между объектами технологического процесса и, в конечном итоге, логику принятия решений на различных этапах технологического проектирования;

- описание обобщенной модели структуры технологического процесса и процесса синтеза его структурных элементов;

- описание свойств конструкции изделия через взаимодействия составляющих его элементов и условий выполнимости этих взаимодействий, что необходимо для автоматизации синтеза структурных элементов конструкции – технологических сборочных единиц или групп поверхностей, которые, в свою очередь, определяют состав структурных элементов технологического процесса (переходов и операций);

- разработка программно-реализуемых методик решения задач упорядочения и структурирования технологического процесса (формирования операций и переходов).

В результате строится система логических функций, описывающих условия формирования истинных отношений между объектами технологии по этапам проектирования и последовательность преобразования исходных множеств, включающих элементы конструкции и производственной среды, в проектные решения.

Математическая модель описания операций и переходов, как структурных элементов технологического процесса, базируется на представлении знания о структуре проекта технологического процесса в виде системы фреймов иерархической структуры. Структура фреймов аналогична для технологии механической обработки и сборки.

$$\Pi = \langle \Omega, \{C_i, O_i, \{B_i\}\},$$

$$\langle \pi_i^k = \{o_k, \{a_k\}, \{r_k\}, e_k, (n_k)\} \rangle \rangle,$$

где Π – фрейм технологического процесса;
 Ω – фрейм технологической операции; π_i^k –

фрейм технологического перехода; C_i – оборудование; O_i – оснастка; $\{B_i\}$ – комплект технологических баз; o_k – вид работы; $\{a_k\}$ – объекты приложения работы o_k (обрабатываемые поверхности, детали, узлы); $\{r_k\}$ – исполняемые параметры (размеры, шероховатость, зазоры, натяги и др.); e_k – инструмент; (n_k) – режимы выполнения работ.

Обобщенная функция проектирования технологии может быть представлена кортежем функций отдельных технологических задач:

$$F = \langle F_1, \dots, F_i, \dots, F_n \rangle$$

$$F = \langle Q_1, P_1, Q_2, P_2, \dots, Q_{n-1}, P_n \rangle.$$

Каждая функция решения F_i может быть представлена кортежем функций специального вида:

$$F = \langle Q_1, P_1, Q_2, P_2, \dots, P_{n-1}, Q_n \rangle,$$

где $Q_1(x_1, \dots, x_n)$ – функции описания состояния, позволяющие описать взаимодействия объектов технологии по этапам проектирования технологии; $(x_1, \dots, x_n)$ – параметры проекта технологии; $P_1(Q_i, Q_j)$ – функции перехода, обеспечивающие преобразование функций Q_i и построение их последовательности.

Процесс проектирования может быть выражен через функции описания состояний Q_i , содержащих на каждом этапе проектирования описание взаимодействий элементов технологии через их отношения и условия истинности этих отношений (допустимости взаимодействий) и функций перехода P_j , описывающих закономерности перехода от одного состояния к другому.

В качестве содержательного аналога функций состояния Q_i может быть рассмотрена технологическая операция механической обработки. Каждая операция преобразует рассматриваемую заготовку из одного состояния в другое и характеризуется показателями качества технологического процесса, в том числе межоперационными размерами R_i , а также структурными параметрами: группой поверхностей A_i , обрабатываемой в операции, оборудованием C_i и базовыми поверхностями B_i .

Такое представление процесса проектирования характеризует его как процесс изменения состояний изделия в процессе его изготовления с фиксацией объектов и свойств, характеризующих каждое состояние.

Все множество функций, описывающих процесс проектирования технологии механо-сборочного производства, можно свести к следующим основным классам: классификации F_1 , например, поверхностей детали по различным свойствам и отношениям; упорядочения F_2 ; структуризации F_3 , например, описывающие построение структурных элементов технологического процесса (операций Ω , и переходов P) и структурных элементов изделия (технологических сборочных единиц); расчетные F_4 , например, при расчете размерных цепей или режимов резания.

Методика проектирования технологии в целом и ее структурных элементов определяется составом целевых установок по этапам проектирования и функциями их достижения.

Функции упорядочения и структурирования являются наиболее сложными и до настоящего времени полностью не раскрыты.

Последовательность выполнения работ в технологическом процессе определяется множеством вложенных друг в друга порядков, каждый из которых определяется одним из множества факторов, выстроенных в определенной иерархии. Например, в технологии механической обработки: этапы обработки (черновой, получистовой, чистовой) – установочные базы – измерительные базы – методы

обработки – смена инструмента – минимум холостых ходов и др.

Последовательность в технологическом процессе сборки определяется совокупностью частных порядков: T_{sb} – порядком выполнения сборочных единиц; T_s – порядком выполнения соединений; T_a – порядком установки деталей при сборке; T_v – порядком сборочных операций по видам; T_p – порядком переходов при выполнении каждого вида сборочной операции.

Каждый из этих порядков можно рассматривать как целевую функцию, которую необходимо описать с определением параметров из области ее определения.

Состав и этапы преобразования информации для решения целевых функций при формировании последовательности сборки описываются в виде информационной модели (рис. 2.4.7).

Назначение информационной модели – выявить основные этапы процесса проектирования технологии, определить объекты и свойства, характеризующие каждый этап, т.е. определить множества и схему их преобразования.

При формировании последовательности сборки изделия правильная последовательность установки деталей, выполнения соединений и сборочных единиц определяются как

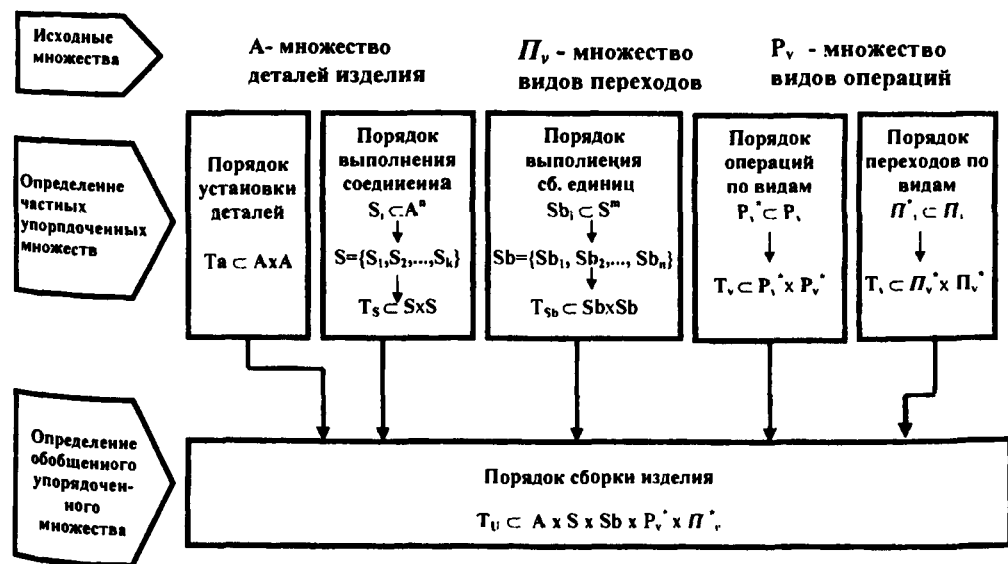


Рис. 2.4.7. Схема информационной модели построения порядка сборки

подмножества декартовых произведений, содержащих элементы, в которых отношение порядка истинно. Определение требуемых подмножеств декартова произведения производится по условиям, заданным соответствующими логическими функциями.

Рассмотренные множества T_a , T_s , T_{sb} , T_v и T_p описывают частные порядки различных элементов сборочного процесса. Общий порядок сборки изделия описывается подмножеством декартова произведения: $T_u \subset A \times S \times Sb \times P_v \times P^* \times P^*$, где каждый элемент включает в себя частные порядки и не противоречит им. Так, например, если $t_{ui} \subset T_{ui}$ и $t_{ui} = \{(a_1, s_1, sb_1, p_{v1}, n_1), \dots, (a_k, s_k, sb_k, p_{vk}, n_k), \dots, (a_j, s_j, sb_j, p_{vj}, n_j)\}$, то порядки $\langle a_1, \dots, a_k, \dots, a_j \rangle$, $\langle s_1, \dots, s_k, \dots, s_j \rangle$, $\langle sb_1, \dots, sb_k, \dots, sb_j \rangle$, $\langle p_{v1}, \dots, p_{vj}, \dots, p_{vj} \rangle$, $\langle n_1, \dots, n_k, \dots, n_j \rangle$ соответствуют полученным порядкам множеств соответственно T_a , T_s , T_{sb} , T_v и T_p .

Число элементов в множестве T_u определяет число возможных вариантов последовательностей сборки изделия, среди которых можно найти оптимальный для конкретного случая с учетом, например, стоимостных и временных критериев.

Аналогично строится и исследуется информационная модель процесса проектирования технологии механической обработки, где основные целевые установки могут быть представлены следующим образом:

- классификация размерных связей и поверхностей деталей ($F_1(A)$, $F_1(R)$);
- определение поверхностей, координирующих каждую обрабатываемую поверхность в направлении исполняемого размера $F_3(A)$ и последовательность координации $F_2(A, R)$;
- минимизация числа баз путем смены баз с оценкой точности исполняемых размеров $F_4(A, B, R)$;
- определение для каждой поверхности методов обработки $F_3(A)$;
- выбор оборудования $F_3(A, C)$;
- формирование технологических операций $F_3(A, C, B)$;
- выбор инструментов $F_3(A, J)$;
- определение последовательности переходов и операций $F_2(A, \Omega)$;
- расчет операционных размеров $F_4(A, B, R)$.

Схема преобразований множеств для решения этих функций детально описана в работе [11].

На информационной модели показаны этапы преобразования исходных множеств в подмножества, образующие структурные элементы, и их упорядочение.

Каждый этап характеризуется определенными взаимодействиями объектов технологии, выраженными через отношения на конкретных множествах.

Сущность этих отношений, условия их истинности и процедуры их образования определяются при помощи логических моделей.

Для описания закономерностей взаимодействий конструктивно-технологических элементов, определяющих структуру и содержание технологического процесса и, в конечном итоге, построение программируемых методик автоматизированного проектирования, требуется выражение в формализованной форме традиционных понятий технологии механосборочного производства: переход, операция, проход, соединение, сборочная единица.

В этой связи встает вопрос о выявлении, классификации и формализованном описании объектов, свойств и отношений, характеризующих технологический процесс механосборочного производства.

При проектировании технологии механобработки технолог изучает поверхности детали, которые необходимо обработать, выбирает средства изготовления и средства, обеспечивающие заданную точность изготовления: станки, инструменты, оснастку, поверхности базирования, режим резания для каждого этапа изготовления. Аналогично в технологии сборки рассматриваются сборочные единицы, детали, соединения и средства производства для выполнения этих соединений.

Классы параметров технологических объектов в дальнейшем называются свойствами. Параметры обрабатываемых поверхностей детали позволяют определить параметры средств изготовления и установить порядок их применения в процессе обработки детали.

В качестве исходных понятий вводятся математические объекты и отношения, выделенные на основе изучения взаимодействий основных элементов технологии в процессе изготовления.

Примерами множеств математических объектов являются: T_p – поверхности; T_c – станки; T_b – базовые поверхности; T_i – инструменты; T_r – размерные связи; A – детали; S –

соединения; Sb – сборочные единицы. Классы свойств этих объектов: M_p , M_b – точность, шероховатость, вид поверхности, положение поверхности; M_c – вид станка, точность; M_i – вид инструмента, размерные характеристики, параметры режущей части; M_r – вид размера, номинал, допуск; M_s – виды соединений.

Анализ взаимодействий объектов технологии позволил выразить их через конкретные отношения, для наглядности которых вводятся соответствующие обозначения.

Для построения логической модели процесса проектирования технологии необходимо определить области существования этих отношений. Поэтому, наряду с определением характера существующих отношений, рассматриваются технологические положения, определяющие область существования этих отношений.

Для описания этих положений в формализованном виде используется аппарат означенной логики предикатов с применением ограниченных кванторов. С помощью символов логики предикатов описываются отношения элементов рассматриваемого множества, а с помощью кванторов ограничиваются области, на которых эти отношения истинны.

Технологические предметы характеризуются определенными свойствами. Например, поверхность может быть цилиндрической или плоской, иметь шероховатость, быть внутренней или внешней и т.д.

Между предметом и его свойством существует отношение принадлежности. В общем виде это отношение выражается посредством одноместного предиката $Pt(x)$. Областью изменения предметной переменной x является множество всех технологических предметов T , а в качестве имени одноместного предиката Pt используется наименование какого-либо свойства технологического предмета. Например, если x – какая-либо обрабатываемая поверхность, то в качестве имени одноместного предиката Pt используется наименование какого-либо свойства обрабатываемых поверхностей, например, положение поверхности (внутренняя или внешняя). Выражение $Pt(x)$ при подстановке вместо Pt конкретного значения, например, "внешняя" является истинным или ложным высказыванием: поверхность является внешней. Истинное значение высказывания зависит от конкретной ситуации. Следовательно, имя одноместного предиката является переменной величиной.

В процессе обработки существует взаимодействие, выраженное в том, что объекты технологии (обрабатываемая поверхность, станок, инструмент), могут быть одновременно использованы на одном и том же этапе процесса изготовления (в одном переходе, операции). Принимается, что эти объекты совместны в обработке или между ними установлено отношение совместности. Для обозначения отношения совместности используется символ " $\leftrightarrow$ ":

$$x \leftrightarrow y,$$

где x , y – символы каких-либо технологических предметов.

Отношение совместности может иметь место между различными предметами, а именно между поверхностью и станком, между поверхностью и инструментом, между поверхностью и оснасткой и др.

Исходя из того, что каждый из технологических предметов участвует в технологическом процессе и это участие не может быть осуществлено иначе, как совместно с другими технологическими предметами, справедливо утверждение о том, что в технологическом процессе для каждого предмета находится другой, который в технологическом процессе совместен с первым. В символическом виде это положение записывается следующей формулой:

$$\forall_T(x) \exists_T(y) (x \leftrightarrow y), \quad (2.4.1)$$

где T – множество объектов технологии.

Существует такая взаимосвязь между технологическими объектами, когда один объект (или несколько) предопределяет наличие (использование) другого предмета в технологическом процессе. Например, поверхность вращения предопределяет необходимость использования станков, на которых можно обрабатывать эти поверхности, а именно: токарных, сверлильных, револьверных и т.п. Для обозначения отношения предопределения используется символ " $\rightarrow$ ":

$$x \rightarrow y,$$

где x , y – символы каких-либо технологических предметов.

Отношение предопределения существует между предметами различного вида. Отношение предопределения существует между элементами тех же множеств, что и для отношения совместности и является достаточным

условием наличия отношения совместности между теми же объектами.

В символическом виде это положение записывается следующей формулой:

$$\forall_T (x) \exists_T (y) [(x \rightarrow y) \Rightarrow (x \leftrightarrow y)], \quad (2.4.2)$$

где T – множество объектов технологии; " $\Rightarrow$ " – знак импликации.

Одно из взаимодействий выражено в том, что в технологическом процессе предметы следуют друг за другом в определенном порядке, например обработка заготовки и сборка деталей. Между станками, используемыми в технологическом процессе, также существует порядок. Например, шлифовальные станки, обеспечивающие чистовую обработку, используются после фрезерных.

Такое взаимодействие между технологическими предметами характеризуется отношением следования, для обозначения которого используется знак " $\prec$ ":

$$x \prec y,$$

где x, y – символы каких-либо технологических предметов.

Отношение следования имеет место лишь между одними и теми же предметами, т.е. между поверхностями, деталями, станками и т.д.

В технологическом процессе каждый объект находится в отношении следования с другим объектом. В символическом виде это положение записывается следующей формулой

$$\forall_{T_i} (x) \exists_{T_i} (y) (x \prec y), \quad (2.4.3)$$

где T_i – множество объектов технологии одного вида (станки, инструмент, поверхности, детали и др.).

Формулы (2.4.1 – 2.4.3) являются истинным высказыванием на областях, указанных под кванторами множеств. Для построения правильного с технологической точки зрения отношения порядка предметов из заданной области и выбора конкретного $y, \in T$ для любого $x, \in T$ с истинным отношением совместности (например, выбор оборудования для обработки конкретной поверхности) используются логические функции, которые содержат условия истинности этих отношений.

Отношения предметов технологии, характеризующие их взаимодействия в техно-

логическом процессе, определяются через зависимости их свойств.

Основными логическими функциями, характеризующими процедуры формирования технологических проектных решений, являются стандартные функции классификации объектов технологии, структурирования этих объектов по значениям и зависимостям их свойств, а также функции упорядочения, содержащие технологические закономерности установления порядка различных технологических действий.

В общем виде функции классификации могут быть выражены следующим образом:

$$\begin{aligned} & \forall_T v_1 \exists_T v_2 \exists_M m_1 \exists_M m_2 \{ [m_1(v_1) \wedge m_2(v_2) \wedge \\ & \wedge ([m_1] = [m_2]) \vee (m_1 \rightarrow m_2)] \Rightarrow (v_1 \leftrightarrow v_2) \}, \end{aligned} \quad (2.4.4)$$

где T – множество объектов технологии; M – множество свойств объектов технологии; $[m_i]$ – обозначение значения свойства.

Метод обработки, а также свойства обрабатываемой поверхности позволяют определить вид станка.

Вид станка, выбранный метод обработки, а также свойства обрабатываемой поверхности позволяют определить вид инструмента. Таким образом, условием наличия отношения предопределения между поверхностью, станком и инструментом является наличие соответствующей зависимости между свойствами станка, обрабатываемой поверхности и инструмента.

Исходя из рассмотренных утверждений можно сделать вывод, что истинность отношения предопределения одного предмета другим находится в зависимости от истинности импликации между высказываниями о свойствах этих двух предметов, что может быть записано формулой:

$$\begin{aligned} & \forall_{T_k} v_1 \exists_{T_i} v_2 \left\{ \exists_{M^k} m_1 \exists_{M'} m_2 [m_1(v_1) \wedge m_2(v_2) \wedge \right. \\ & \left. \wedge (m_1(v_1) \Rightarrow m_2(v_2))] \Rightarrow (v_1 \rightarrow v_2) \right\}, \end{aligned} \quad (2.4.5)$$

где T_k – множество объектов одного класса; T_i – множество объектов другого класса; M^k – множество возможных свойств предметов из T_k ; M' – множество возможных свойств предметов из T_i .

Согласно формуле (2.4.2) формула (2.4.5) описывает условия, при которых также выполняется и совместность технологических предметов.

Формулы (2.4.4) и (2.4.5) являются исходными формулами, где описываются условия истинности отношения совместности для предметов технологии. На их основе выводятся сложные формулы формирования структурных элементов технологического процесса.

Технологические закономерности, необходимые для проектирования технологии, представлены системой продукционных правил типа:

$$A \rightarrow B, (A \rightarrow C) \rightarrow (B \rightarrow D).$$

Функция построения структурных технологических элементов может быть представлена как функция объединения технологических предметов по условию истинности импликации между высказываниями о свойствах этих предметов. Эта функция используется, в частности, при формировании перехода.

Так как в переход входят предметы, которые совместны в обработке, то очевидно, что условием их формирования являются определенные зависимости между свойствами предметов, определяющие их совместность, т.е. условием включения технологических предметов в переход технологии механической обработки является выполнение зависимости, представленной в виде логической функции,

определяющей совместность обрабатываемой поверхности, инструмента и режимов резания.

Функция объединения технологических предметов в переход выражается следующей формулой:

$$\begin{aligned} \forall x \exists y \exists z \exists m_1 \exists m_2 \{ [m_1(x) \wedge m_2(y) \wedge \\ \wedge m_3(z) \wedge (m_1(x) \rightarrow m_2(y)) \wedge [(m_1(x) \wedge \\ \wedge m_2(y)) \rightarrow m_3(z)]] \Rightarrow (x \leftrightarrow y) \wedge \\ \wedge [(x \vee y) \leftrightarrow z] \}, \end{aligned} \quad (2.4.6)$$

где A, C, Y – множества поверхностей, инструмента и режимов резания, из которых определены элементы, находящиеся в отношении совместности.

В левой части этой зависимости записаны условия, при выполнении которых рассматриваемый предмет совместен с обрабатываемой поверхностью и, следовательно, может войти в переход. При этом возможен выбор нескольких эквивалентных по данным условиям вариантов. Нужный переход среди нескольких эквивалентных, т.е. отличающихся средствами обработки и режимами резания, но обеспечивающих требуемое качество, выбирается по выбранному критерию оптимизации (например, по минимальной смене инструмента).

Схема вывода формулы, описывающей условия формирования перехода из простых высказываний о совместности отдельных предметов показана на рис. 2.4.8.

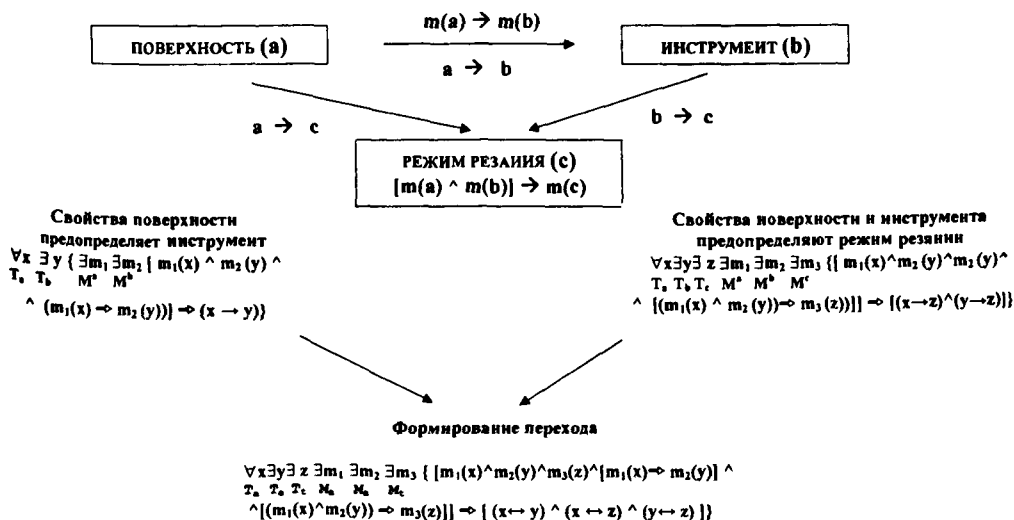


Рис. 2.4.8. Схема вывода функции описания перехода механической обработки

Эта же функция описывает процедуру формирования сборочных переходов, но на другой области определения переменных.

Истинные импликации между высказываниями о свойствах предметов, как правило, задаются как исходные данные в виде соответствий в табличном виде.

Функции упорядочения описывают закономерности выполнения отношения следования и характеризуют априорно истинные технологические положения о влиянии свойств и отношений технологических объектов на их порядок в технологическом процессе. Их классификация и формализованное представление позволило построить объективный метод формирования оптимальной, с точки зрения выбранных критериев, последовательности выполнения различных видов работ. Подробно данный метод описан в работе [11].

В технологии механообработки примером исходной функции упорядочения большинства объектов (поверхностей, станков, инструмента) служит функция описания зависимости порядка объектов в технологическом процессе от значения их качества. Обобщенная формула данной функции имеет вид:

$$\forall_T v_1 \exists_T v_2 \forall_M m_1 \exists_M m_2 \{ [m_1(v_1) \wedge m_2(v_2)] \wedge ([m_1] < [m_2]) \Rightarrow [v_1 < v_2] \}, \quad (2.4.7)$$

где m_1 и m_2 – свойства, характеризующие качество предметов v_1 и v_2 соответственно, а $[m_1]$ и $[m_2]$ – значения качества.

Формула описывает условие: если два предмета обладают такими значениями качества, что одно из них меньше другого, то предмет, обладающий худшим качеством, предшествует в процессе обработки предмету, обладающему более высоким качеством.

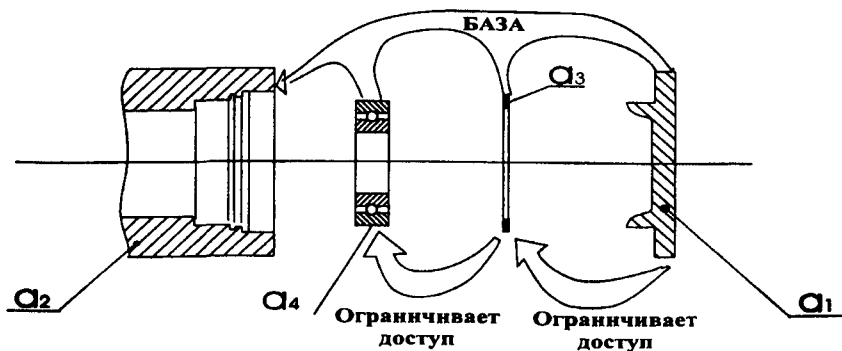
Другим примером является функция упорядочения по условию базирования, которая может быть выражена следующим образом:

$$\forall_T v_1 \exists_T v_2 \{ (v_1 \xrightarrow{b} v_2) \Rightarrow (v_1 < v_2) \}, \quad (2.4.8)$$

где $\xrightarrow{b}$ – обозначение отношения базирования (v_1 база для v_2).

Основные зависимости, определяющие последовательность установки деталей в технологии сборки, строятся на основании отношений базирования и доступа. При этом частично установленный порядок по условию базирования уточняется ограничениями по доступу (рис. 2.4.9).

Отношение следования между деталями в процессе сборки, между которыми имеет



Требования к порядку по базированию

- a2 предшествует a3
- a2 предшествует a1
- a2 предшествует a4

Порядок сборки

$$a2 \rightarrow a4 \rightarrow a3 \rightarrow a1$$

Требования к порядку по доступу

- a3 предшествует a1
- a4 предшествует a2

$$\forall_x \exists_y [(x \xrightarrow{b} y) \Rightarrow (y < x)]$$

$$\exists_x \exists_y [(x \xrightarrow{d} y) \Rightarrow (y < x)]$$

Рис. 2.4.9. Построение порядка сборки по условию базирования и доступа

место отношение ограничения по доступу, устанавливается зависимостью:

$$\exists x \exists y [(x - cy) \Rightarrow (y < x)], \quad (2.4.9)$$

где x, y — детали множества A ; $-c$ — обозначения отношений ограничения по доступу и следования соответственно.

Формула (2.4.9) содержит описание высказывания о том, что если одна деталь ограничена по доступу другой, то ограниченная устанавливается ранее той, которая ее ограничивает

В технологии сборки отношения следования между деталями определяются отношениями взаимодействия элементов в конструкции и структурой изделия, полученной в результате технологического членения [8].

Формулы (2.4.4 – 2.4.7) являются примерами типовых функций построения структуры технологического процесса и упорядочения его элементов, причем справедливы как для проектирования технологии механической обработки, так и сборки.

Построенная таким образом логическая модель раскрывает условия образования и упорядочения множеств структурных элементов и все условия, связанные с упорядочением их элементов, т.е. описывает структуру технологического процесса и процедуру ее формирования

Методика автоматизированного синтеза на основе генерации технологических проектных решений. В основу методики автоматизированного построения структуры технологического процесса механической обработки резанием положен принцип минимизации погрешностей базирования и обработки, а также оптимизация процесса по критерию минимума переналадок. Методика основана на анализе конструкторских размерных связей и свойств поверхностей детали и построена как последовательность методов классификации поверхностей и преобразования конструкторских размерных связей в технологические. Такое построение методики дает возможность получить решение, общее для всех деталей, не зависящее от конфигурации и назначения

В качестве основного принципа решения задач, относящихся к координации поверхностей, выбран принцип "наикратчайшего пути" [1]. Этот принцип дает возможность построить схему базирования, обеспечивающую минимальную погрешность базирования.

Формирование описания технологического процесса (проекта в целом) механической обработки является по существу результатом решения технологических задач, обеспечивающих построение совокупности всех проектных решений, образующих общий проект.

Перед решением функциональных задач подготавливаются данные. Подготовка заключается в создании массивов, которые упрощают решение функциональных задач. Далее определяют этапы обработки. Число этапов обработки каждой поверхности зависит от заданного качества обрабатываемых поверхностей.

Процедура решения этой задачи в основном описывается функцией классификации поверхностей по качеству; область существования функции — множество обрабатываемых поверхностей A и множество значений качества M_k ; результат решения — классы обрабатываемых поверхностей, сформированные по значениям качества.

Затем определяются технологические базы. Технологические базы определяются на основе характеристик размерных связей и характеристик поверхностей (вид поверхности, взаимное расположение, смежность и т.п.), содержащихся в конструкторских чертежах детали и заготовки.

При определении технологических баз прежде всего для каждого элемента чертежа, имеющего размерную связь, находится единственная конструкторская база, а затем устанавливается порядок подготовки конструкторских баз. Процедура решения этой задачи описывается функцией $F_i(B)$ построения упорядоченных структур на множестве $B = (b_1, \dots, b_n)$ элементов, имеющих размерные связи. Результатом решения задачи является множество B_k упорядоченных пар, удовлетворяющих одному из следующих условий:

$$b_1 < b_i \text{ или } b_i < b_j,$$

где b_1 — основная база, т.е. поверхность (линия, точка), имеющая наибольшее число размерных связей; b_i — поверхность (линия, точка), имеющая размерную связь с b_1 (b_i может являться элементом другой какой-либо упорядоченной пары с поверхностью (линией, точкой) b_j , имеющей размерную связь с b_i).

В каждой упорядоченной паре первый элемент является конструкторской базой для второго элемента.

Затем производится преобразование элементов множества B_k в элементы множества B_T , при котором нереальные элементы (ось, точка) заменяются на реальные элементы (ось, точка) детали. В результате этих действий определяется порядок подготовки технологических баз, так как в упорядоченных парах произведена замена элементов чертежа на реальные поверхности.

Далее классифицируются поверхности по их кинематическим свойствам, соответствующим кинематическим свойствам оборудования: соотношение поверхностей друг с другом (открытые, закрытые), положение поверхностей (внутренние, внешние) и т.п. В результате классификации образованы группы поверхностей, т.е. проводится разбиение множества A на непересекающиеся подмножества $A_1, \dots, A_n, \dots, A_j$.

Исходя из проведенной классификации и построенного ранее множества упорядоченных пар B_T , образуются подмножества B_{T_i} . Каждое подмножество B_{T_i} содержит технологические базы из B_T для поверхностей из группы A_i . Для каждой группы поверхностей A_i строится схема базирования S'_x :

$$S'_x \subset B_{T_1} \times \dots \times B_{T_j}.$$

Схема базирования по своему определению должна содержать необходимое число элементов для расположения опорных точек детали. При избыточности B_{T_i} для схемы базирования производится смена баз $b \in B_{T_i}$, исходя из принципа постоянства баз (одни и те же базы используют для возможно большего числа поверхностей из A_i).

При смене баз в качестве ограничения выступает требование о выполнении заданных точностей размеров. Для проверки этого ограничения при каждой смене баз строят технологические размерные цепи и оценивают достигаемую точность размеров по известным методикам расчета размерных цепей. При недостаточности баз в множестве B_{T_i} для построения схемы базирования дополняют базы из элементов, предшествующих элементам, содержащимся в B_{T_i} . Далее схему базирования преобразуют в комплект баз — реальные по-

верхности детали, обеспечивающие ориентацию детали и сохранение ее в процессе обработки.

После определения баз выбираются методы обработки, оборудование и инструмент для каждой обрабатываемой поверхности из таблиц применяемых методов, оборудования и инструмента. Все условия выбора описываются таблично заданными функциями соответствия между свойствами поверхности, методами обработки, свойствами станка и инструмента.

Далее формируются переходы. Принципы формирования перехода состоят в следующем:

а) для каждой поверхности определяют число и наименование этапов обработки и ее качество на каждом этапе в зависимости от первоначального качества поверхности, заданного в заготовке, и окончательного — в готовой детали;

б) для каждого этапа обработки поверхности выбирают метод обработки, вид инструмента на основе качества поверхности, ее геометрических параметров и ограничений по размерам;

в) для каждого этапа обработки определяют размеры, которые приведены в чертежах с учетом величины припуска, оставшегося на последующую обработку.

Совокупность переходов, выполняемых на одном оборудовании с общих баз, определяет технологическую операцию. Для упорядочения операций необходимо построить несколько отношений порядков, вложенных друг в друга. Первое упорядочивает операции в соответствии с ранее установленным порядком технологических баз из множества B_T . Следующее уточняет частично установленный порядок в соответствии с установленным порядком конструкторских (измерительных) баз из множества B_k . Окончательно каждое еще неупорядоченное подмножество операций упорядочивается по возрастанию среднего качества обработки.

После того как упорядочены операции, т.е. построен маршрут обработки детали, рассчитываются припуски на каждый используемый метод обработки. Припуски рассчитываются по формулам, аппроксимирующим справочные таблицы значений припусков.

Для упорядочения переходов также строятся отношения порядков, вложенных друг в друга, — в первую очередь по конструкторским базам и качеству обработки.

Остальные технологические правила (типа порядка обработки резбовых поверхностей, шлицев, фасок) реализуют путем перестроения упорядоченного множества переходов. Упорядочение переходов дает возможность рассчитать межоперационные размеры.

Безусловно, основой решения построения последовательности операций и переходов является решение задачи определения баз. Методика автоматизированного решения данной задачи разработана И.В. Бобровой и изложена в работе [11].

Основные элементы методики автоматизированного проектирования технологии механической обработки на основе генерации проектных решений представлены на рис. 2.4.10.

Процесс проектирования технологии сборки подразделяется на две основные части, которые можно использовать как автономно, так и совместно. При этом будет решена или часть задач проектирования, представляющая самостоятельный практический интерес, или задача проектирования технологии сборки в целом.

Первая часть – процесс формирования схемы сборки, содержащей информацию о порядке присоединения элементов изделия, комплектности сборочных единиц и соединений.

Вторая часть – процесс формирования операций, включающий определение состава присоединяемых элементов, видов работ, средств и других параметров, образующих описание сборочных операций.

Процесс формирования схемы сборки, где выделяются технологические сборочные единицы и определяется возможный порядок сборки, является наиболее сложной частью автоматизации процесса проектирования.

Здесь решают задачи технологического членения, формирования порядка установки деталей и выполнения соединений.

Для решения этих задач на данном этапе анализируется структура изделия взаимосвязи между всеми образующими его элементами (детальями, узлами) и строится модель, описывающая взаимные ограничения элементов конструкции, схему базирования и доступа. Эта модель является информационной основой для решения задач данного этапа. Результат решения задач этого этапа оформляется в виде технологической схемы сборки [4].

Процесс формирования сборочных операций строится на основе сочетания решений функций структуризации, по условиям выполнения отношений совместности элементов,

входящих в операции и переходы, с методами поиска параметров технологических переходов и операций и их значений по взаимосвязанной системе таблиц соответствий, организованных в виде реляционных баз знаний.

Перед решением функциональных задач производится классификация исходных данных, которая заключается в распределении их по массивам, содержание и структура которых ориентирована на требования к исходным данным конкретных функциональных задач. Затем решается комплекс задач, связанных с формированием условий построения порядка сборки. К основным регламентирующим факторам при построении порядка сборки относятся условия по базированию, доступу и дифференциации сборочного процесса.

В задаче формирования схемы сборочного состава по спецификации изделия определяется состав каждой сборочной единицы. Основная процедура решения этой задачи описывается функцией классификации деталей по признаку принадлежности к определенной сборочной единице. Областью существования функции является множество сборочных единиц изделия $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$. Следующей решается задача определения комплекта баз для каждого входящего элемента сборочной единицы. Задача решается в два этапа.

На первом этапе определяется базовая деталь сборочной единицы, т.е. та деталь, которая определяет положение сборочной единицы в изделии.

Решение этой задачи реализуется с помощью процедуры, описываемой функцией, отражающей взаимодействие элементов множества SA_i , где SA_i – множество элементов рассматриваемой сборочной единицы S_i , и элементов множества SV_i , где SV_i – множество элементов всех остальных сборочных единиц изделия.

Функция рассматривает отношение $SA_i \times \times SV_i$ и область выполнимости отношений: $ST \subseteq SA_i \times \times SV_i$, определяется из условий

$$ST = \left\{ (w_1, w_2) / w_1 \in SA_i, \right. \\ \left. w_2 \in SV_i, \quad w_1 \overset{k}{\leftrightarrow} w_2 \right\},$$

где $w_1 \overset{k}{\leftrightarrow} w_2$ – отношение взаимного контакта между элементами w_1 и w_2 ; w_1, w_2 – переменные на множествах SA_i и SV_i соответственно.

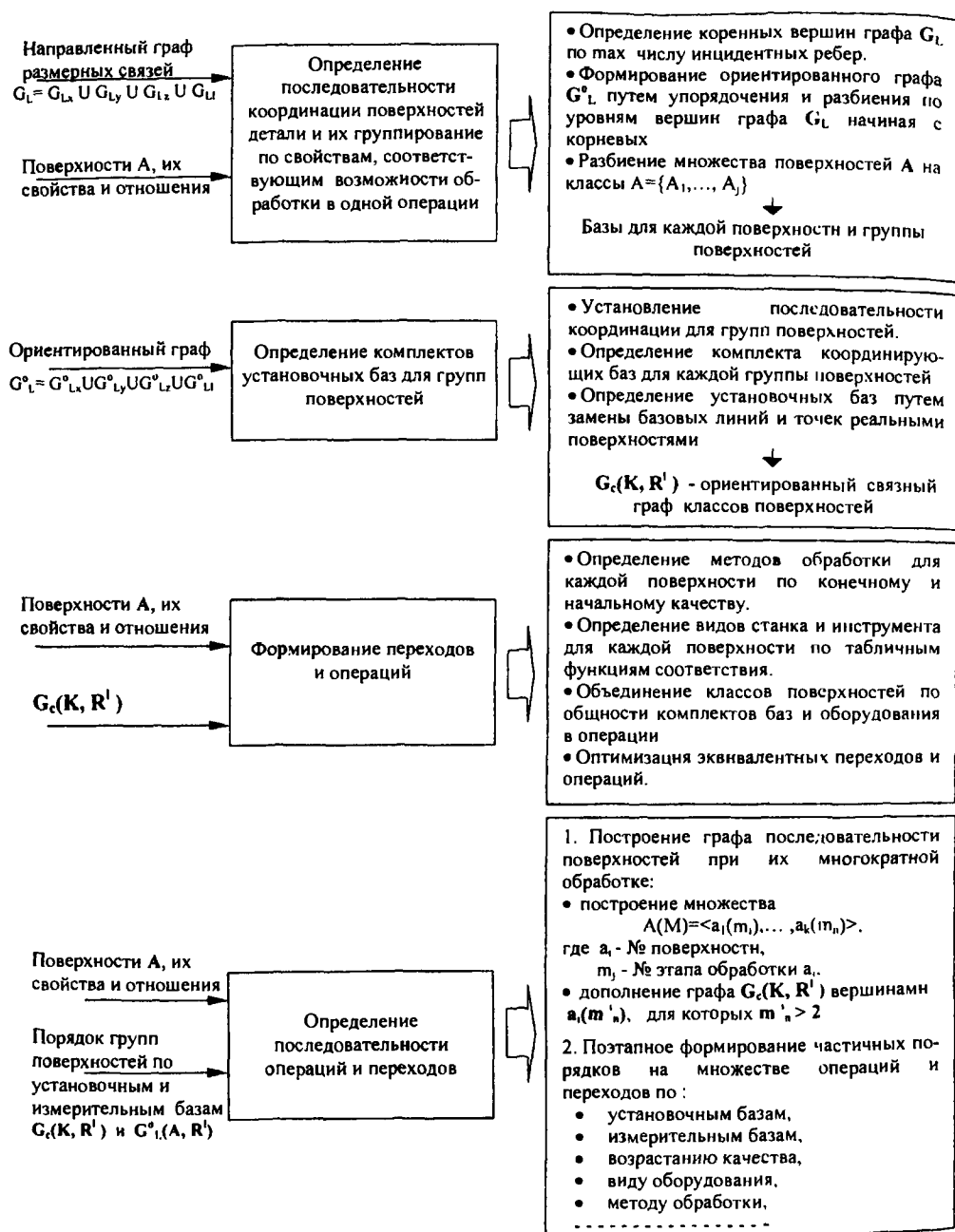


Рис. 2.4.10. Методика автоматизированного формирования технологического процесса механической обработки

На втором этапе строится направленный ациклический граф, описывающий схему базирования, вершины которого являются элементами сборочной единицы, а дуги характе-

ризуют связь по базированию. Решение данной задачи реализуется процедурой, выраженной функцией, отражающей взаимодействие элементов $w_i \in SA$.

Результатом решения является формирование подмножества $SB \subseteq SA_1^2$,

$$SB = \left\{ (w_1, w_2) / w_1 \in A, \right. \\ \left. w_2 \in A, w_1 \overset{b}{\leftrightarrow} w_2 \right\},$$

где $w_1 \overset{b}{\leftrightarrow} w_2$ — отношение базирования между элементами w_1 и w_2 ; w_1, w_2 — переменные на множестве SA .

Решение задачи построения схемы доступа, где для каждого элемента сборочной единицы определяются элементы, ограничивающие его доступ к месту установки, реализуется процедурой, описываемой функцией, отражающей взаимодействие элементов $w_i \in SA$. Результатом решения является формирование подмножества $SD \subseteq SA_i^2$

$$SD = \{(w_1, w_2) / w_1 \in A, w_2 \in A, w_1 - c w_2\},$$

где $w_1 - c w_2$ — отношение, характеризующее ограничение элементом w_1 доступ к месту установки элемента w_2 ; w_1, w_2 — переменные на множестве SA .

Затем решается задача технологического членения, где конструкторская сборочная единица разбивается на несколько технологических с целью обеспечения возможности сборки отдельных частей независимо друг от друга.

Решение задачи состоит в определении подмножества $Sb \subseteq SA_i^2$

$$Sb = \{(w_1, w_2) / w_1 \in SA_i, w_2 \in SA_i, w_1 \neq w_2\},$$

где $w_1 \neq w_2$ — отношение связности элементов w_1 и w_2 ; w_1, w_2 — переменные на множестве SA . Здесь под отношением связности понимается наличие силового замыкания по всем направлениям.

Далее следует блок упорядочения элементов изделия по условиям базирования и доступа. Решение задач упорядочения осуществляется процедурой, описываемой функцией, отражающей взаимодействие элементов $w_i \in SA$, между собой и элементов $Sb \subset S$, где S — множество сборочных единиц. Результатом решения является формирование подмножеств

$L_a \subset SA_i^n$, где выполняются ограничения по доступу и базированию, и подмножества $L_s \subset S$, в котором выполняются ограничения по входимости сборочных единиц друг в друга.

Решаются задачи по формированию описания технологического процесса. В задаче определения видов сборочных работ в каждом соединении производится выбор видов работ, обеспечивающих сборку в соответствии с техническими требованиями. Решение этой задачи реализуется процедурой, описываемой функцией классификации видов работ по конструктивно-технологическим признакам $F(M_c)$, где M_c — множество конструктивно-технологических признаков (свойств), определяющих вид сборочных работ. Областью существования функции является множество $R = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$, где R — множество видов работ; r_i — конкретный вид сборочной работы.

Процедуры решения задачи выбора инструмента и оборудования для обеспечения выполнения соединений в соответствии с требованиями по точности и техническим условиям описываются функцией, реализующей отношение совместности элементов $w_i \in SA$, с элементами $t_i \in TI$ и элементов $w_i \in SA$, с элементами $O_i \in O$. Результатом решения задач является формирование подмножеств:

$$TI_i \subseteq TI \times SA, \text{ и } O_i \subseteq O \times SA,$$

$$TI_i = \{(w_1, w_2) / w_1 \in TI, w_2 \in SA_i, w_1 \leftrightarrow w_2\}$$

$$O_i = \{(w_1, w_2) / w_1 \in O, w_2 \in SA_i, w_1 \leftrightarrow w_2\},$$

где $w_1 \leftrightarrow w_2$ — отношение совместности элементов в технологическом процессе: w_1, w_2 — переменные на множествах.

Решение задачи формирования сборочных операций описывается функцией структуризации, реализующей выбор истинных отношений совместности при формировании подмножества:

$$\Omega_i \subseteq SA \times R \times TI \times O$$

$$\Omega = \{(w_1, w_2, w_3, w_4) / w_1 \in A, w_2 \in R,$$

$$w_3 \in TI, w_4 \in O, w_1 \leftrightarrow w_2,$$

$$w_1 \leftrightarrow w_3, w_1 \leftrightarrow w_4\},$$

где w_1, w_2, w_3, w_4 — переменные на множествах A, R, TI, O соответственно.

Рассмотренные методики показывают общую схему автоматизированного решения задач проектирования технологии механической обработки и сборки на основе генерации проектных решений. Показано, что структурные элементы технологического процесса получаются путем последовательного преобразования заданных в исходных данных множеств элементов конструкции и производственной среды, их свойств и взаимодействий в множества, описывающие состояние проекта по этапам проектирования. Соответствующие преобразования производятся в соответствии с правилами вывода и формализованными технологическими закономерностями.

Преимуществами данного подхода является универсальность относительно классов изделий при автоматизации решения задач формирования структуры технологического процесса, а также возможность более широкой интеграции с системами проектирования. Эта возможность появляется благодаря тому, что в качестве конструктивных единиц в исходных данных описания конструкции эти системы используют поверхности при технологии механической обработки, поверхности и детали в технологии сборки. Эти же единицы являются базовыми и в системах конструирования. При твердотельном геометрическом моделировании твердые тела легко представляются замыкающими их поверхностями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакшин Б.С. Теория и практика технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1982.
2. Капустин Н.М. Разработка технологических процессов обработки деталей на

станках с помощью ЭВМ. М.: Машиностроение, 1976.

3. Мордвинов Б.С., Огурцов Е.С. Расчет технологических размеров и допусков при проектировании технологических процессов механической обработки. Омск: Политехнический институт, 1975.

4. Новиков М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1980.

5. Павлов В.В. Основы автоматизации проектирования технологических процессов сборки летательных аппаратов. М.: Изд. МАТИ им. К.Э. Циолковского, 1975.

6. Построение математической модели для автоматизированного решения задач проектирования технологии сборки изделий машиностроения // Сборка в машиностроении, приборостроении. М.: Машиностроение, 2002. № 1, 2.

7. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов / Под ред. С.Н. Корчака. М.: Машиностроение, 1988.

8. Технология машиностроения. Т. 1. Основы технологии машиностроения / Под ред. А.М. Дальского. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998.

9. Тини К.А., Тыгу Э.Х. Технологические расчеты на ЦВМ. Вычисление оптимальных режимов резания и технических норм времени. Л.: Машиностроение, 1968.

10. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск: Наука и техника, 1979.

11. Челищев Б.Е., Боброва И.В., Гонсалес-Сабатер А. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении. М.: Машиностроение, 1987.

Раздел 3

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ И ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Глава 3.1

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

3.1.1. КОНЦЕПЦИЯ И ПРИНЦИПЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Анализ основных подходов и методов управления предприятием. Особенность принятия стратегических решений состоит в том, что они направлены на достижение и сохранение оптимальной позиции предприятия в конкурентной среде. Для этого могут быть определены как конкретные, вполне обозначенные цели кратко- и среднесрочного планирования, так и средства их достижения. Для достижения наилучших результатов требуется общая координация всех направлений деятельности фирмы. В широком смысле эффективная стратегия обязана наилучшим образом сочетать предоставляемые рынком возможности с возможностями, ценностными ориентирами и обязательствами предприятия.

Понятие "концепция стратегии" или "большой стратегии", которое охватывает со-

вокупность намерений и целей корпорации, определяет стратегию компании как в ведении бизнеса, так и в ее собственном функционировании [20]. Целью "большой стратегии" корпорации является обретение надежного преимущества над конкурентами [67]. Эта стратегия дает точное определение целей компании и бизнеса и выбирает средства, с помощью которых компания преобразует свои стратегические намерения в рыночное преимущество.

На уровне компании корпоративная стратегия стремится выделить предприятие на конкурентном рынке, создав уникальный источник ценностей, которые поступают на рынок. Этот источник ценностей формирует особые свойства компании – не то, что компания умеет делать, и не то, что компания умеет делать хорошо, а только то, что она умеет делать лучше своих конкурентов. Эта особая характеристика может проявиться на любом этапе создания ценностей.

В соответствии с этим этапы организационной разработки представляются в виде схемы (рис. 3.1.1).



Рис. 3.1.1. Этапы организационной разработки

Определяющей целью стратегического управления является достижение превосходства над конкурирующими организациями [67].

Процесс стратегического планирования и управления представлен в виде следующих этапов (управленческих функций) (рис. 3.1.2).

Процесс стратегического управления состоит из следующих фаз.

1. Определение сферы деятельности предприятия.

2. Определение конкретных целей.
3. Разработка стратегии (рис. 3.1.3).
4. Осуществление стратегических мероприятий.

5. Оценка результатов и внесение изменений в цели или стратегию, или изменение сферы деятельности.

Альтернативный вариант схемы стратегического планирования и управления приводится на рис. 3.1.4 и в работе [46].

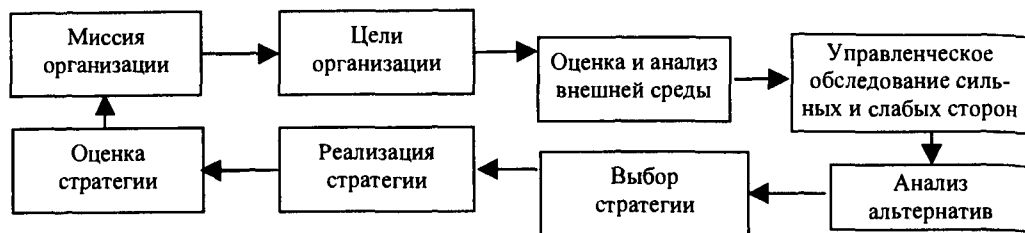


Рис. 3.1.2. Процесс стратегического планирования предприятия [29]

ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ



ВНУТРЕННИЕ ФАКТОРЫ

Рис. 3.1.3. Разработка стратегии

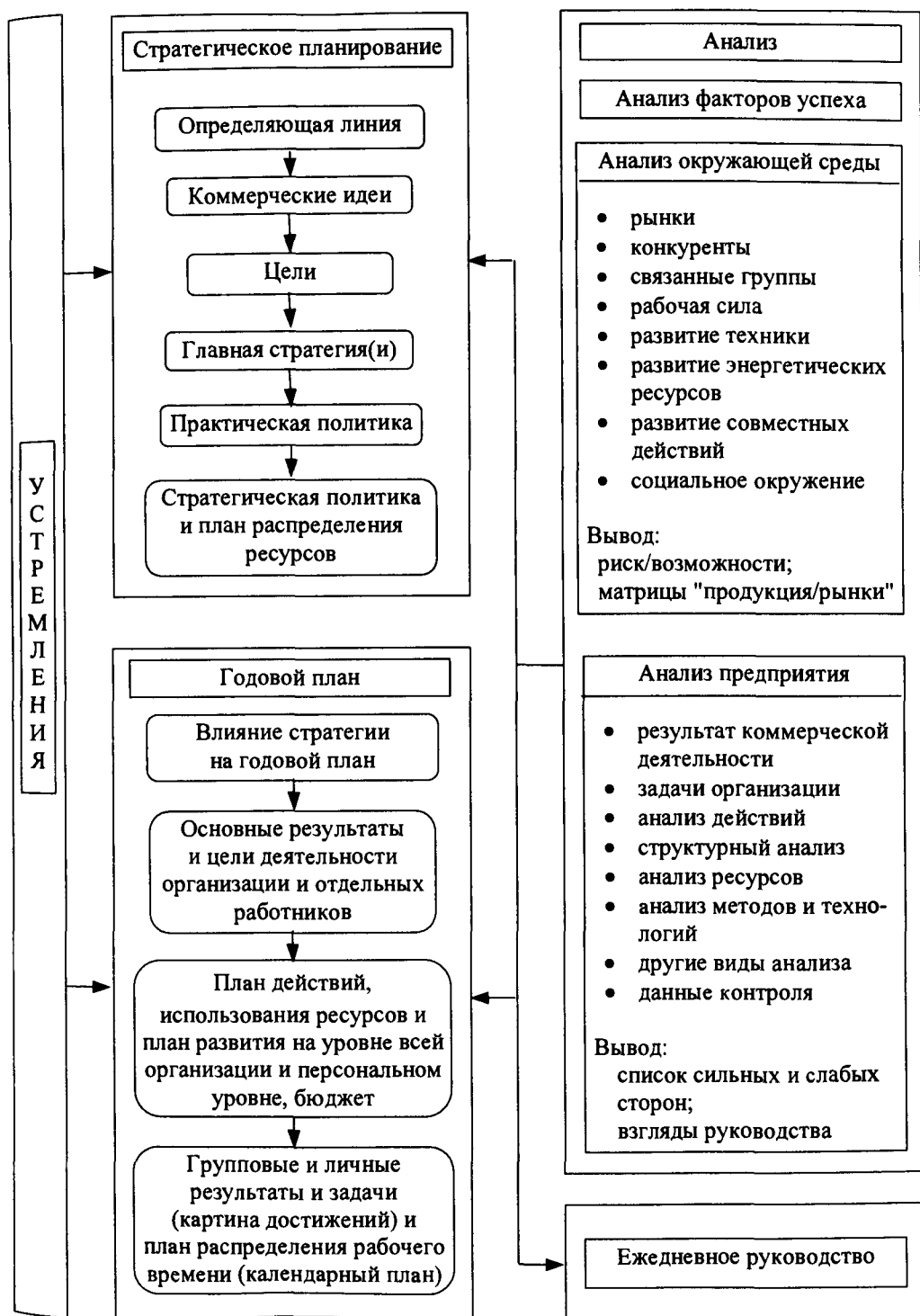


Рис. 3.1.4. Стратегическое планирование и управление

В целом, за основу можно принять схему, предложенную в работе [29], дополнив содержание представленных элементов (управленческих функций) важными моментами, указанными в других источниках.

Предлагаемые подходы к стратегическому управлению не противоречат друг другу. Главный их недостаток состоит в том, что последовательный характер рассмотренных выше этапов и эвристический подход к стратегическому управлению (реализуемый на каждом из этапов) предопределяет то, что основным фактором успеха в этом процессе является интуиция руководителей, определяющих стратегию. Нет возможности и способов оценить правильность поставленных целей и разработанной на их основе стратегии до того, как начнут проявляться результаты принятых решений.

Миссия корпорации. Наиболее целесообразным представляется подход, при котором выделяется собственно миссия организации (в значении устремления) и стратегическая концепция [40]. Схема стратегического планирования и управления несколько видоизменяется: вместо одного блока "миссия" в ней присутствуют два взаимосвязанных – "устремления или миссия" и "стратегическая концепция". Это также весьма существенно с точки зрения всего цикла стратегического планирования.

Кроме собственно миссии организации требуется определить "большую корпоративную стратегию" (стратегическую концепцию). Корпоративная стратегия является не единственной, которую должна разработать компания [20]. Существуют также деловая и функциональная стратегии, но они подчинены намерениям и целям компании, содержат в себе ее важнейшие линии поведения и планы.

Основная задача при формулировке миссии – объяснение цели деятельности корпорации (или предприятия), причем формулировка должна даваться с точки зрения потребности.

Назначение миссии – задание относительно твердых рамок для корпорации. Время от времени требуется проверять актуальность миссии, так как под внешним давлением и требуемыми изменениями может возникнуть необходимость в переоценке деятельности [46].

Кроме миссии корпорации, ее целей и главной стратегии выделяется еще один промежуточный уровень между целями и миссией – "коммерческие и оперативные идеи" (в значении, каким путем предприятие зарабатывает

деньги в выбранной им области) [46]. Это не совсем верно – в подобном значении "коммерческие и оперативные идеи" совпадают с деловой и функциональными стратегиями, местоположение которых (в порядке разработки) гораздо ниже целей и миссии корпорации.

Таким образом, после определения миссии корпорации требуется определить ее стратегическую концепцию, т.е. систему стратегических решений, которые "определяют объем и характер деловой активности, тип экономической и социальной организации, к созданию которой она стремится, а также сущность экономического и внеэкономического вклада, который корпорация намеревается внести в жизнь акционеров компании, ее служащих, потребителей и местного населения" [64].

Цели корпорации. Цели корпорации – ключевые результаты, к которым она стремится в своей деятельности на протяжении довольно длительного времени [46]. Нормативное количество целей корпорации 4–6. В качестве основного критерия определения целей организации наиболее часто рекомендуют использовать мнение той группы, ради которой организация и была создана.

Это объясняется тем, что современная теория корпорации рассматривает предприятие как ряд связанных групп, преследующих различные цели (рис. 3.1.5).

Высшее руководство предприятия выступает в качестве организующего ядра, основной задачей которого при определении целей является уход от конфликтов и конкурирующих требований и по возможности учет выгоды всех групп.

Разнонаправленные цели: "выбивание" большего количества средств для своих направлений деятельности; большие зарплаты, пенсии; большой штат для проектов; лучшие условия для работы (офисы, автомобили и т.п.); большие инвестиции; больше власти и статуса; технологическое лидерство и т.д.

Особенно часто сталкиваются интересы акционеров (инвесторов) и менеджмента предприятия [20]. Менеджеры способны "из лучших побуждений" принимать решения, которые требуют для своей реализации значительных ресурсов, принадлежащих предприятию, но не приносят выгоды его акционерам.

Например, некоторые из специфических интересов менеджеров теснее связаны с размерами корпорации и темпами ее роста, чем с доходами акционеров. Противоречие интересов

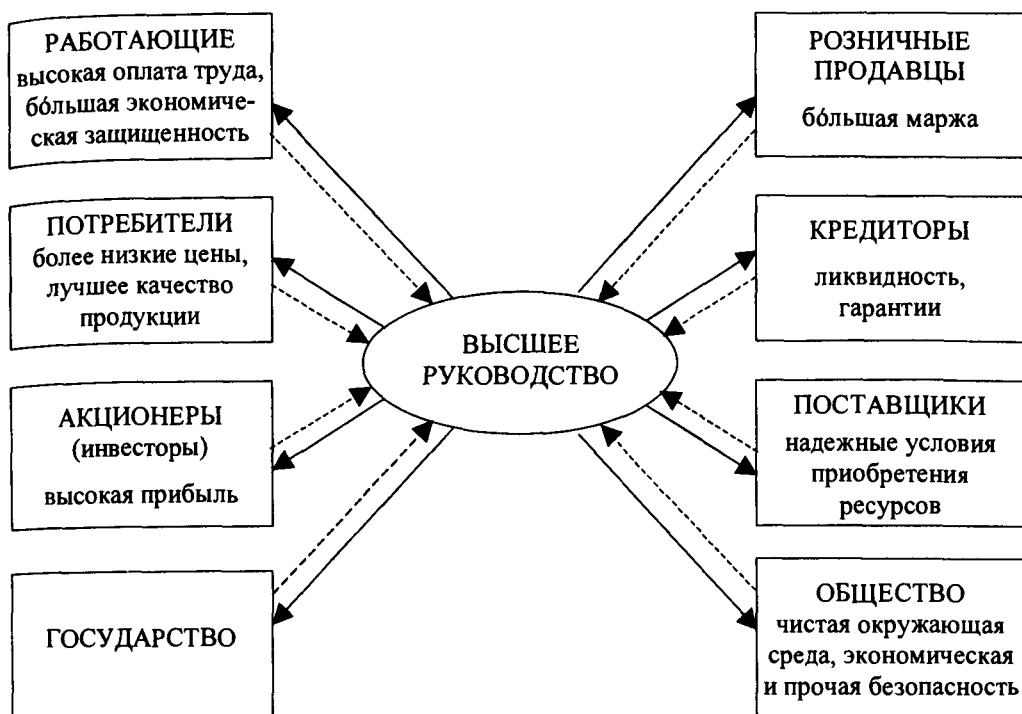


Рис. 3.1.5. Связанные группы:

--► -- давление; ◄-- -- ответственность

владельцев компании и ее исполнительного звена проявляется особенно сильно на монополизированных или почти монополизированных рынках, а также в тех ситуациях, когда предприятие реализует стратегию "сбора урожая" на полностью сформировавшемся или исчерпывающем себя рынке. В этих условиях у менеджеров могут возникнуть мощные стимулы инвестировать в расширение производства и/или его диверсификацию, что может привести к получению прибыли ниже среднерыночной.

Альтернативные цели предприятия могут вступить в конфликт при принятии стратегических решений. Корпорации пытаются достичь многих целей одновременно, по-разному балансируя при принятии компромиссных решений.

Далее рассматриваются возможные цели (мотивации) предприятия [42, 46]. К ним относятся прибыль, максимизация дохода, устойчивость и др.

Прибыльная мотивация. Может формулироваться как максимизация прибыли (в краткосрочном периоде) или получение прибыли, достаточной для удовлетворения владельцев.

Эта цель важна, так как на основании размера прибыли собственники/инвесторы решают, вкладывать им свои капиталы в данное предприятие и стоит ли рисковать.

Между тем прибыль сама по себе не является основой результативной деятельности. Кроме того, некоторым большим вертикально интегрированным корпорациям свойственна неприбыльная мотивация. Аналогичная ситуация складывается для многоступенчатых и разветвленных производственных систем.

В целом, в чистом виде, прибыльная мотивация характерна для небольших предприятий, действующих в условиях жесткой конкуренции. Здесь требуется, чтобы основное воздействие на цены, выпуск и издержки со стороны специфических изменений было объяснено и предсказуемо. Но в подобной формулировке эта мотивация по сути превращается в мотивацию долгосрочного выживания: получение прибыли в размере, достаточном для постоянного наращивания стратегического потенциала фирмы и уровня ее конкурентного преимущества.

Широкое распространение в практике именно прибыльной мотивации объясняется следующими причинами:

- совпадение с целями устойчивости;
- актуальность этой мотивации на первом этапе деятельности вновь созданного предприятия;
- отсутствием стратегического планирования на предприятии.

Максимизация дохода. При достижении приемлемого уровня прибыли предприятия предпочитают иметь более высокий уровень продаж в денежном выражении, чем получение более высоких прибылей.

Это связано с тем, что рост дохода рассматривается как ключевой критерий функционирования бизнеса. Существует опасность истощения прибыли при такой мотивации. Кроме того, остается в силе требование поддержания приемлемого уровня прибыли – для удовлетворения владельцев и осуществления финансирования новых инвестиций.

Достижение определенной рыночной доли. Хотя объем продаж и рыночная доля характеризуют способность предприятия эффективно конкурировать и быть признанным рыночным лидером, между тем увеличение доли рынка не означает усиление конкурентной позиции и увеличение прибыли и не является принципиальной его целью.

Долгосрочные цели устойчивости. Предприятие, максимизируя прибыль, может не выжить в конкурентоспособной борьбе из-за недостаточных и несоответствующих денежных потоков; высыхающего рынка; захвата части продаж интегрирующими в рынок фирмами и т.д.

Между тем отмечается и ряд недостатков подобной цели – наличие достаточно большого количества путей обеспечения устойчивости; когда устойчивость обеспечена, требуются другие цели мотивации управленческих решений.

При всех недостатках, свойственных этой цели, наиболее целесообразным является выбор именно ее в качестве основной цели предприятия, дополнив данную цель рядом вспомогательных.

Персональные цели. Данная мотивация возникает из-за разделения собственности и контроля и часто носит амбициозный и политический характер.

К данной группе относятся такие цели, как слава отраслевого лидера; тщеславные амбиции; гордость от пребывания во главе

большого предприятия; желание самореализации; желание работать в фешенебельных офисах; большие заработки; предпочтение покоя, простой жизни и большого количества свободного времени; непреодолимый интерес к технологическим новшествам; амбиции в демонстрации профессионального превосходства и т.д.

Основную опасность представляет подмена подобными целями основной цели предприятия, неявное выдвижение персональных целей на первый план и возникновение конфликтов между целями и устремлениями предприятия и отдельных лиц, принимающих решения.

Между тем, персональные цели хорошо дополняют основную цель предприятия и в некоторых случаях позволяют существенно улучшить стратегию.

Социальная ответственность. Данная мотивация основана на идее ответственности предприятия перед обществом. Особенно к ней тяготеют крупные корпорации.

Подобные цели являются выражениями следующих концепций:

- интересы акционеров и общества должны быть сбалансированы;
- стратегии и линии поведения должны способствовать повышению общественного благосостояния;
- предприятия, при проведении своего бизнеса, должны способствовать решению стоящих перед обществом проблем.

Подобные соображения влияют на цели предприятия, его стратегические и тактические решения, отодвигая прибыльность на второй план.

В России примерами реализации подобных целей могут служить градообразующие и основные предприятия. Для них (а точнее для государства) цели занятости и поддержки региона являются первостепенными.

Цели роста и диверсификации. Имеются следующие причины, побуждающие предприятия использовать долгосрочный рост и диверсификацию в качестве главной цели:

- рост предприятия – хорошая защита против неожиданных ухудшений в ее деятельности и во внешней среде;
- рост через увеличение рыночной доли дает предприятию более устойчивую рыночную позицию против конкурентов, поставщиков и потребителей, а также большую свободу для маневрирования и больше влияния на важные отраслевые решения;

– рост через диверсификацию снимает зависимость только от одного продукта, позволяя предприятию не только выжить, но и улучшить свою деятельность;

– долгосрочный рост (рост продаж, производство, прибыли) – позволяют предприятию более эффективно привлекать инвестирование, так как инвесторы и финансовые аналитики обычно оценивают его с точки зрения потенциального роста.

Таким образом, рост и диверсификация дают эффективное средство для достижения других корпоративных целей и задач и являются важной мотивацией.

Другие хозяйственные и некоммерческие цели. Другие хозяйственные цели способствуют выполнению основной функции предприятия, выраженной в его миссии. Их можно разделить на коммерческие – для промышленных предприятий (т.е. связанные с ролью на рынках сбыта, ростом, производством, рентабельностью, финансированием, платежеспособностью, материалами, инвестициями) и на функциональные – для непроизводственных предприятий [46].

Первоочередными целями предприятия будут являться цели долгосрочной устойчивости, а также цели роста и диверсификации. Другие цели будут определяться отношением предприятия (в лице высшего руководства) к различным связанным группам, по-разному заинтересованным в деятельности компании, и политикой руководства по удовлетворению их интересов.

Изучение процесса управления предприятием всегда начинается с оценки и анализа внешней среды, а также управленческого обследования сильных и слабых его сторон.

Здесь используется SWOT-анализ (Strength – сила, Weakness – слабость, Opportunity – возможность, Threat – угрозы). Целью анализа является выявление сильных и слабых сторон фирмы по отношению к окружающей среде, широты возможностей для выполнения миссии предприятия со стороны внешней среды [6, 21, 31, 46].

Между тем при описании SWOT-анализа не описываются следующие существенные моменты.

1. При SWOT-анализе необходима привязка к конкретному конкуренту (или группе конкурентов), поскольку основная цель – выявление относительной силы/слабости и исходя из этого анализ соответствующих возмож-

ностей/опасностей (под углом зрения соответствующих целей и стратегий).

2. Анализ должен проводиться в динамике, так как изменение ситуации и те или иные действия конкурентов могут существенно изменить относительные силы и слабости – вплоть до их смены на противоположные. Пример: относительная слабость российских радиотехнических предприятий по сравнению с западными – технологическая отсталость в продукции (радиолампы) при изменении ситуации (спрос на качественную звукозаписывающую аппаратуру, для изготовления которой потребовались именно радиолампы) перешла в относительную силу (никто больше их не производил), в результате чего перед российскими предприятиями открылись некоторые возможности.

3. Отсутствует единая система критериев проведения сравнительной оценки при SWOT-анализе. В частности, указываются некоторые качественные характеристики продукции, ключевые факторы успеха.

При стратегическом планировании эти положения нельзя не учитывать.

Поэтому основными группами факторов, которые необходимо анализировать, и относительное превосходство/слабость, которые учитываются при разработке стратегии предприятия, являются ключевыми элементами стратегии.

При проведении подобных оценок следует концентрировать внимание на тех сторонах деятельности корпорации, которые обеспечивают ее устойчивость [20].

Авторы работ [42, 46] обращают внимание на связь функции анализа и оценки внешней среды и сильных/слабых сторон с оценкой стратегии. Результатом такого объединения является замена этих блоков на один – контроллинг, который в зависимости от целей и уровня управления может быть как стратегическим, так и оперативным. Основной задачей контроллинга называется обеспечение устойчивости предприятия и предотвращение кризисной ситуации [42, 51, 66]. Сравнительная характеристика стратегического и оперативно-го контроллинга приведена в табл. 3.1.1.

Факторы, учитываемые при оценке внешней и внутренней среды предприятия, представлены на рис. 3.1.6 [42].

При анализе стратегических альтернатив часто уделяют внимание выбору одной из трех базовых стратегий – рост, ограниченный рост, сокращение (или их сочетаний) [1, 3, 29].

3.1.1. Стратегический и оперативный контроллинг

Тип/признаки	Стратегический	Оперативный
Ориентация	Окружающая среда и предприятие – адаптация	Предприятие – экономическая эффективность и рентабельность производства
Уровень управления	Стратегическое управление	Тактическое и оперативное управление
Цели	1) Участие в установлении качественных и количественных целей предприятия 2) Ответственность за стратегическое планирование 3) Разработка альтернативных стратегий 4) Определение "критических" внешних и внутренних условий, лежащих в основе стратегических планов 5) Определений "узких" и поиск "слабых" мест 6) Определение основных подконтрольных показателей в соответствии с установленными стратегическими целями 7) Сравнение плановых (нормативных) и фактических значений подконтрольных показателей с целью выявления причин, виновников и последствий данных отклонений 8) Анализ влияния отклонений на выполнение стратегических планов 9) Мотивация и создание информационных систем для принятия управленческих решений 10) Определение новых возможностей на основе SWOT-анализа и внесение корректив в стратегические планы	1) Руководство при планировании и разработке бюджета (текущее оперативное планирование) 2) Определение "узких" и поиск "слабых" мест для тактического управления 3) Определение всей совокупности подконтрольных показателей в соответствии с установленными текущими целями 4) Сравнение плановых (нормативных) и фактических показателей подконтрольных результатов и затрат с целью выявления причин, виновников и последствий отклонений 5) Анализ влияния отклонений на выполнение текущих планов 6) Мотивация и создание систем информации для принятия текущих управленческих решений 7) Анализ экономической эффективности (особенно инноваций и инвестиций)
Методы и инструменты	Анализ рынка/анализ конкурентов; жизненный цикл конкурентного преимущества фирмы; анализ кривой успеха; портфолио-анализ; анализ чувствительности; анализ систем решений и т.д. [22, 24, 37, 58]	Управление по суммам покрытия (системы "директ костинг"); метод "стандарт-кост"; предельные величины; методы оценки экономической эффективности и т.д. [5, 9, 47, 48, 49, 53]
Оценки, размеры	Шансы, риск, сильные и слабые стороны [4, 7, 30]	Доход/расход Результат/доход

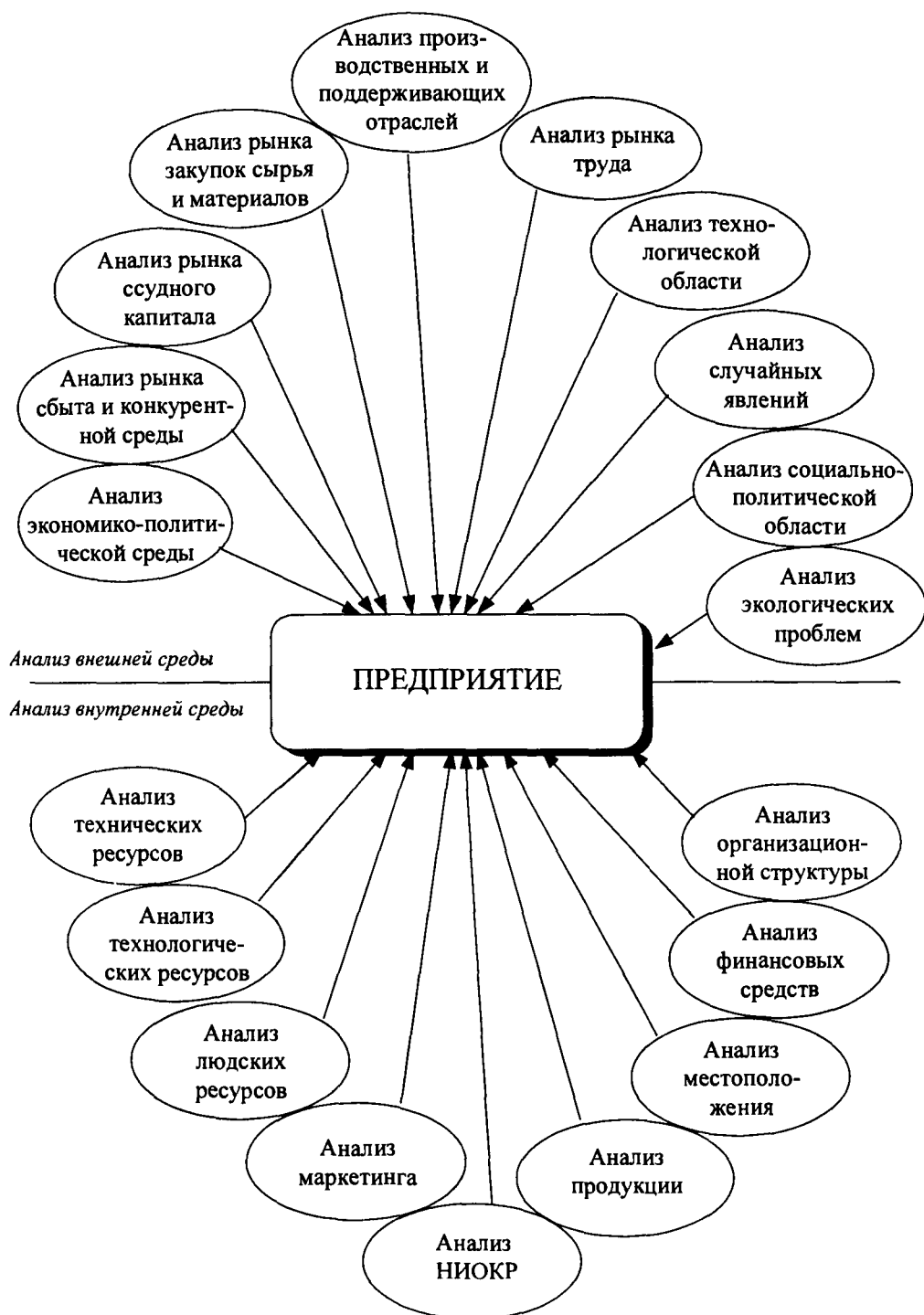


Рис. 3.1.6. Факторы, учитываемые при оценке внешней и внутренней среды предприятия

Более правильным представляется подход, в соответствии с которым анализу подвергаются различные конкурентные стратегии [25, 48].

Исходную информацию для проведения анализа предоставляет управленческое обследование сильных и слабых сторон, опасностей и возможностей (SWOT-анализ), а также полученный на основе целей предприятия, его устремлений, относительных преимуществ и прогнозов список приемлемых альтернатив.

Этап выработки стратегических альтернатив и их анализа базируется на осознании текущего положения (рис. 3.1.7).

Вспомогательную роль играют различные модели стратегии маркетинга – матрицы Бостонской консалтинговой группы Дженерал Электрик (конкурентоспособность/относительная сила – привлекательность) и др. [21, 31, 68].

На основании подобной информации и возможностей предприятия выбирается стратегия конкурентной борьбы (для каждого из продуктов/направлений деятельности она может быть своя).

Например, в работе [48] выделяются четыре стратегии конкурентной борьбы (по критериям "отношение к рынку" и "узость/широта охвата").

1. Силовая стратегия (модели: "гордые львы", "могучие слоны", "неповоротливые бегемоты").

Специфика: широкий ассортимент стандартной продукции по средней цене и среднего качества; занятие большой доли рынка.

Источник силы: массовость производства и преимущества, которые дают широкомасштабные научные исследования, развитая сеть сбыта, крупные рекламные компании.

2. Нишевая модель (модель: "хитрые лисы").

Специфика: необычная продукция и ее незаменимость для узкого круга потребителей, максимальная доля маленького рыночного сегмента.

Источник силы: элитная рабочая сила, хорошее оборудование, опыт мелкосерийного производства, иногда – уникальность продукции.

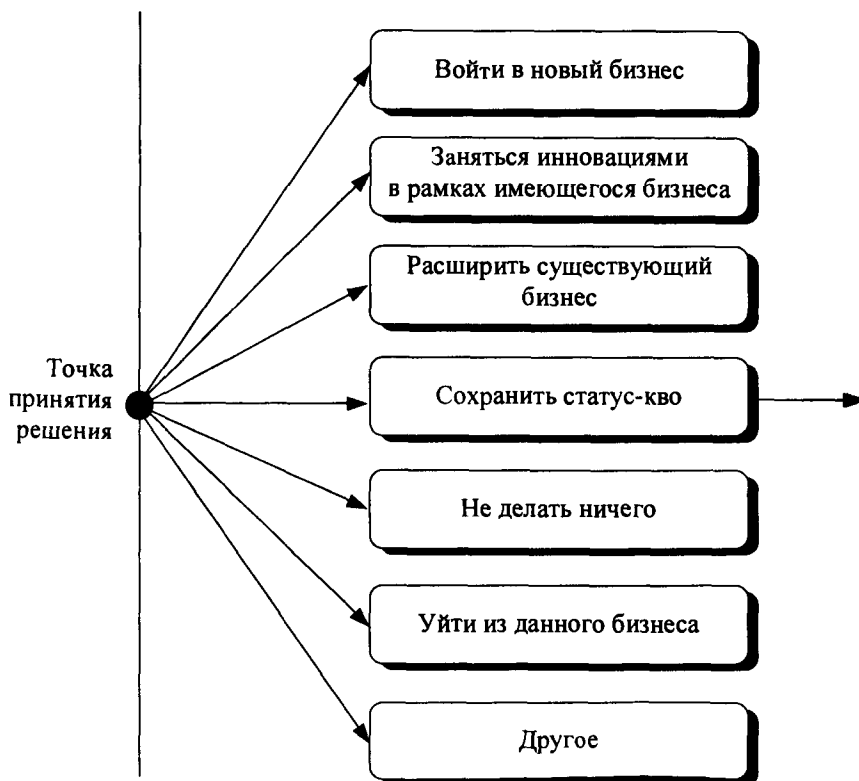


Рис. 3.1.7. Возможные решения

3. Приспособительная стратегия (модель: "серые мыши").

Специфика: повышенная гибкость таких предприятий, постоянная нацеленность на получение прибыли и готовность прибегнуть ради нее к любым средствам, локальная деятельность.

Источник силы: небольшой размер предприятий, который позволяет им маневрировать, меняя виды деятельности.

4. Пионерская стратегия (модель: "быстрые ласточки").

Специфика: создание принципиально нового рынка и извлечение выгод из первоначально единоличного присутствия на нем.

Источник силы: научный потенциал (кадры и работники), баснословная прибыль в случае реализации проектов (но обычно после реализации проекта – изменение стратегии и переход в другую группу).

Сравнительная характеристика этих стратегий представлена в табл. 3.1.2.

В работе [25] представлены три стратегии конкурентной борьбы. Их сравнительная характеристика приведена в табл. 3.1.3.

3.1.2. Сравнительная характеристика стратегий конкурентной борьбы [48]

Характеристики	Тип стратегии			
	Силовая	Нишевая	Приспособительная	Пионерская
Профиль производства	Массовое	Специализированное	Универсальное, мелкое	Экспериментальное
Размер компании	Крупные	Мелкие, средние, крупные	Мелкие	Мелкие, средние
Устойчивость компании	Высокая	Высокая	Низкая	Низкая
Расходы на НИОКР	Высокие	Средние	Низкие	Высокие
Факторы в конкурентной борьбе	Высокая производительность	Приспособленность к особому рынку	Гибкость, многочисленность	Опережение в нововведениях

3.1.3. Сравнительная характеристика стратегий конкурентной борьбы [25]

Характеристики	Тип стратегии		
	Лидерство в области издержек	Дифференциация	Фокусировка на узкой нише рынка
Стратегическая цель	Завоевание большой доли рынка	Завоевание большой доли рынка	Завоевание узкой ниши рынка, где нужды и предпочтения покупателей существенно отличаются от других участников
Основа конкурентного преимущества	Умение обеспечивать общий уровень затрат, более низкий, чем у конкурентов	Способность предложить покупателям нечто отличное от товаров конкурентов	Более низкие издержки при удовлетворении запросов данной ниши рынка или способность предложить для клиентов в этой нише специально адаптированное по их запросам и вкусам

Продолжение табл. 3.1 3

Характеристики	Тип стратегии		
	Лидерство в области издержек	Дифференциация	Фокусировка на узкой нише рынка
Ассортимент производимой продукции	Хороший основной продукт с небольшим числом модификаций (хорошее качество при ограниченной возможности выбора для покупателей)	Много разновидностей товаров, возможности широкого выбора, упор на рекламу нескольких особо важных признаков дифференциации товара	Ассортимент приспособлен к тому, чтобы удовлетворить особые запросы выбранного сегмента рынка
Основной принцип организации производственной деятельности	Постоянный поиск возможностей для снижения затрат без потери достигнутого уровня качества и существенных параметров товара	Поиск способов лучше удовлетворить запросы покупателей	Индивидуализация товара в соответствии с особыми запросами покупателей избранной ниши рынка
Основной принцип организации маркетинговой деятельности	Формирование спроса на товар таким образом, чтобы можно было и далее производить товар с теми свойствами, которые обеспечивают условия для сохранения низких издержек	Наделение товара всеми свойствами, которые покупатель готов оплатить. Взятие с покупателей премиальной цены для покрытия дополнительных затрат на придание товару дополнительных свойств	Акцентирование уникальной способности продавца удовлетворить крайне специфические запросы покупателя
Методы поддержания стабильности стратегии	Уделение постоянного внимания сохранению разумного соотношения "цена/качество". Все элементы политики фирмы направлены на поддержание превосходства над конкурентами по уровню затрат, что достигается постоянной работой по снижению издержек год за годом и во всех сферах и подразделениях фирмы	Достоверное информирование покупателей об отличиях и преимуществах товара. Акцентирование постоянства усилий фирмы по совершенствованию товаров и использованию новейших научных и технических разработок для опережения конкурентов. Концентрация на главных отличительных свойствах товара, чтобы на их основе сформировать репутацию фирмы и авторитет фирменной марки	Сохранение верности клиентам из завоеванной фирмой ниши, чтобы иметь возможность далее удовлетворять их потребности лучше, чем иные фирмы; борьба за поддержание имиджа фирмы и освоение других сегментов рынка и типов производимой продукции, чтобы обеспечить себе более широкий рынок сбыта

3.1.4. Матрица взаимоположения стратегий

Диапазон конкуренции	Вид конкурентного преимущества	
	Пониженные издержки	Специализация
Широкий	Ориентация на издержки	Уникальность и лидерство по качеству товара
Узкий	Упор на издержки	Выборочная специализация

"Понижение издержек" – это способность предприятия разрабатывать, производить и сбывать товар более эффективно, чем конкуренты, а "специализация" – это способность удовлетворять особые потребности покупателей (и получать за это премиальную цену).

В соответствии с изложенным, предлагается новая матрица (табл. 3.1.4).

Матрица иллюстрирует взаимоположение рассмотренных стратегий и указывает возможные варианты изменения базовой стратегии.

Между тем, сведение всего многообразия конкурентных стратегий только к пониженным издержкам и специализации представляется некорректным.

На основании категоризации собственных целей и стратегий, а также целей и стратегий конкурентов можно выработать приемлемые альтернативы и провести их оценку (табл. 3.1.5) [68].

Для каждой из приемлемых стратегических альтернатив разрабатывается своя конкурентная стратегия, выбирается наиболее приемлемая, и для нее формируется главная (корпоративная стратегия).

Главная стратегия – это согласование интересов внешних взаимосвязанных групп, внутренних ресурсов и взаимозависимых стратегических понятий поведения и планов, с помощью которых организация надеется достичь стратегической цели [46].

Главная стратегия включает в себя стратегию конкурентной борьбы, правила пользования внутренними ресурсами и может носить наступательный, оборонительный или компромиссный характер.

На главную стратегию влияют как внутренние и внешние факторы, так и собственные устремления.

Выделяют следующие уровни главной стратегии [46].

1. Ответственность перед обществом.
2. Коммерческая стратегия (стратегические выгоды и интересы, конкуренция/поиск свободного места на рынке; рост/стабилизация или пересмотр направления деятельности).
3. Стратегия конкурентов.

4. Стратегия, поддерживающая коммерческую деятельность и успех в конкурентной борьбе (функциональная стратегия).

В работе [68] описывается следующая иерархия разработки стратегии (табл. 3.1.6).

В работе [67] рассматриваются только несколько путей достижения стратегического преимущества над конкурентами:

1. Концентрация на "ключевых факторах успеха". Идея состоит в определении наиболее значимых для данной отрасли или производства группы факторов и концентрации имеющихся в распоряжении организации ресурсов в той области, в которой ожидается достижение наиболее значительного преимущества по сравнению с конкурентами.

2. Использование относительного превосходства. Под этим понимается максимально возможное использование различий в ассортименте продукции или распределении активов предприятия по сравнению с конкурентами.

3. Агрессивные инициативы. Данный подход заключается в разрушении "ключевых факторов успеха", опираясь на которые конкуренты достигли преимущества. Для этого требуется нарушить установившиеся традиции ведения хозяйственной деятельности или приемы действий на рынке с целью изменения правил игры, нарушения текущего баланса и, таким образом, создания возможности обойти своих конкурентов.

4. Инновационный путь. Заключается в уклонении от непосредственной конкуренции путем открытия новых рынков или разработки новых изделий, внедрения в области, еще не затронутые конкурентами.

К числу наступательных стратегий относят [68].

1. Атака сильных сторон конкурента. Основная задача состоит в увеличении (захвате) некоторой рыночной доли путем "лобовой" атаки конкурента.

2. Атака слабых сторон конкурента. Указывается, что она предоставляет лучшие шансы, чем атака сильных сторон. В качестве целей для атаки могут выступать самые разнообразные объекты – географические регионы, покупательские сегменты, качество товаров и их

3.1.5. Оценка альтернативных стратегий

Масштаб конкурента	Стратегическая ориентация	Цели, относящиеся к доли рынка	Конкурентная позиция	Стратегическое положение	Конкурентная стратегия
1) Локальный	1) Быть доминирующим лидером	1) Агрессивное расширение (рост) через приобретения и внутренний рост одновременно	1) Становится более сильным, в движении	1) В основном наступательное	1) Стремящийся к лидерству в области низких издержек
2) Региональный	2) Обогащать теперешнего лидера (отраслевого)		2) Хорошо "окопавшийся" способен сохранить свою территорию позицию	2) Главным образом оборонительное	2) Главным образом концентрация на рыночной нише:
3) Национальный	3) Быть среди отраслевых лидеров (попасть в первую пятерку)	2) Расширение через внутренний рост (ускорение увеличения доли рынка по отношению к конкурентам)	3) "Застраив" в середине не списка	3) Комбинация защиты и наступления	– высокая цель (high end);
4) Многонациональный (в нескольких странах)	4) Попасть в первую десятку	3) Расширение через приобретения	4) Перемещающийся в другую рыночную позицию (пытается перейти из слабой позиции в сильную)	4) Агрессивное рискованное (берущий на себя риск новатор)	– низкая цель (low end);
5) Глобальный	5) Попасть на 1-2 ранга (позиции)	4) Поддержание процентной доли (по средством роста с темпом, равным среднеотраслевому)	5) Прилагающий большие усилия, теряющий опору (проигрывающий)	5) Консервативный последователь	– география;
	6) Обогащать частного конкурента (не обязательно лидера)	5) Уменьшение (слабача) доли, если необходимо добиться краткосрочных выгодных (прибыльных) целей – давление прибыльности, а не объема	6) Отступающий в позицию, которая может быть защищена		– покупатели со специфическими нуждами;
	7) Удержание позиции				– другое
	8) Только устойчивость				3) Преследующий/осуществляющий различные стратегии, базирующиеся на:
					– качество;
					– сервисе;
					– технологическом первенстве;
					– широте продуктовой линии;
					– образе и репутации;
					– других свойствах

3.1.6. Вариант описания процесса разработки стратегии

Уровень стратегии	В основные обязанности кого входит разработка	Функции стратегической разработки и области основного внимания
Корпоративная стратегия	Главный администратор и др. ключевые руководители (решения обычно отклоняются/одобряются советом директоров)	Создание и управление (высшее руководство) группой бизнес-подразделений (приобретения, укрепление существующих бизнес-позиций, ликвидация бизнесов, которые больше не вписываются в планы управления) Получение синергетического эффекта среди связанных бизнесами подразделений и обращение его в конкурентное преимущество (повышение общей эффективности) Установление инвестиционных приоритетов и управление корпоративными ресурсами внутри бизнесов (среди подразделений) – перераспределение их в пользу бизнесов, обладающих наиболее привлекательными возможностями Отклонение/пересмотр/принятие стратегий и шагов, предложенных менеджерами бизнес-подразделений
Бизнес-стратегия	Генеральный менеджер, глава бизнес-подразделения (решения обычно отклоняются/одобряются главным администратором или советом директоров)	Разработка шагов/стратегий и подходов для конкурентного успеха и закрепления конкурентного преимущества Формирование откликов на изменение внешних условий Объединение стратегических инициатив ключевых функциональных подразделений Принятие мер, направленных на решение специфических проблем компании и оперативных проблем
Функциональные стратегии	Функциональные менеджеры (отклоняются/одобряются главой бизнес-подразделения)	Разработка шагов и подходов для поддержания бизнес-стратегии и для достижения функциональных или рабочих целей подразделения Отклонение/пересмотр/принятие реализующих стратегию шагов и подходов, предложенных подчиненными менеджерами
Оперативная (действующая) стратегия	Глава направления данного подразделения или менеджер низшего звена внутри функциональной области (отклоняются/одобряются главой подразделения или главой функциональной службы)	Создание локальных (мелкомасштабных) узких и более специфических подходов/шагов, направленных на поддержание функциональной и бизнес-стратегии и на достижение целей оперативного подразделения

свойства, сервисное обслуживание, торговая марка/имидж и продвижение товара/услуги, проблемы в продуктовой серии конкурентов и т.п.

3. Одновременная атака по многим направлениям.

4. Обходное (маневрирование) наступление. В этом случае уходят от лобовой конфронтации, концентрируясь взамен на различных инновациях, технологических успехах и ранним выходе на неоспоримые рынки.

5. Партизанское наступление (партизанские действия). Особенно хорошо оно подходит для небольших фирм, которые не обладают достаточными ресурсами и известностью для "полномасштабных" действий. Партизанские действия используют принцип "ударил-отступил", что в сочетании с тщательным выбором места и времени атаки позволяет даже слабой фирме получить выгоду (прибыль). В качестве целей для атаки фигурируют такие объекты, как узкий, слабо защищенный конкурентами сегмент.

6. Упреждающие удары. Стратегии упреждения создают конкурентное преимущество посредством "катапультирования" агрессора в наилучшую конкурентную позицию. Для успеха упреждающие действия не должны полностью блокировать все возможности конкурентов по копированию и преследованию, основная задача – дать предприятию лучшую позицию. В качестве подобных действий может выступать вертикальная интеграция с ключевыми (или с большинством) поставщиками или заключение долгосрочных контрактов – контроль над ресурсами, эксклюзивный или доминантный доступ к лучшим дистрибьюторам, расширение возможностей производства раньше изменения рыночных требований, создание имиджа предприятия и т.п.

В качестве защитных (оборонительных) стратегий рассматриваются следующие подходы [35, 68]:

- блокировка направлений основных ударов агрессора;
- угроза сильного ответного удара в случае агрессии;
- снижение стимула выгоды для агрессора.

Все описанные подходы объединяются принципами увеличения потенциала предприятия и ликвидации относительных слабостей.

Группа 1:

1) расширение продуктовой линии предприятия, блокируя вакантные ниши и щели от будущих агрессоров (потенциальных агрессоров);

2) введение моделей или торговых марок с характеристиками, которые имеют или могут иметь модели конкурентов;

3) установление цены на модели ниже, чем большинство близко соответствующих предложений конкурентов;

4) подписание эксклюзивных соглашений с дилерами и дистрибьюторами, не давая конкурентам использовать то же самое;

5) предоставление дилерам и дистрибьюторам уровня скидок, удерживающего их от начала работы с другими поставщиками;

6) предложение бесплатного или дешевого обучения персонала покупателей в использовании предлагаемого продукта;

7) создание затруднений конкурентам в привлечении покупателей посредством предоставления скидок, использования купонов и образцов, предоставления информации на ранних этапах о новых продуктах или изменениях цены;

8) снижение времени доставки;

9) увеличение гарантий;

10) патентование альтернативных технологий;

11) защита используемых ноу-хау в продуктах, технологиях и других частях цепи формирования издержек;

12) подписание эксклюзивных контрактов с лучшими поставщиками, блокируя доступ агрессивных конкурентов;

13) скупка излишков природных ресурсов;

14) избегание поставщиков, которые также обслуживают конкурентов;

15) оспаривание продуктов и практики конкурентов в суде (судебное разбирательство по вопросам регулирования конкуренции и т.п.).

Группа 2:

1) публичные объявления о соглашениях о поддержке между менеджерами предприятий, работающих на данном рынке;

2) публичное объявление о расширении производства с целью удовлетворения ожидаемого роста;

3) распространение предварительной информации о новом продукте, технологическом переломном открытии или планируемом введении важных новых марок с целью побудить агрессоров отложить свои действия до выяснения достоверности сведений;

4) угрозы ценовой войны, войны "сундуков денег" и т.п.;

5) создание образа сильного защитника посредством сильных ответных ударов на действия слабых конкурентов.

Группа 3:

- 1) увеличение барьеров входа на рынок;
- 2) манипуляции создания иллюзии о средней/низкой выгодности данной отрасли.

Основные действия соответствуют усилению собственного предприятия, снижению эффективности и целесообразности агрессивных действий против него. Между тем, практически полностью неохваченной является область, связанная с ослаблением агрессора, слабо представлено сдерживание атак и полностью отсутствует уклонение от мощного агрессивного удара.

Базовые стратегии развития предприятия, методы оценки и выбора управленческих решений. Предложен следующий алгоритм и набор критериев для оценки стратегии корпорации [64].

На первом шаге устанавливается понятие стратегии.

Для этого необходимо выделить корпоративные цели и реальные меры.

Количество возможных целей велико, но выбор самых привлекательных на этот момент вариантов неизменно приведет к распылению ресурсов. В переходный период, когда корпорация обладает скудными ресурсами и чрезвычайно заинтересована в их эффективном использовании, такие решения столь же опасны, сколь и соблазнительны. Свидетельством того, что избранная стратегия действительно продумана и основательна, может стать тщательная оценка всех альтернативных возможностей.

На втором шаге анализируется уникальность избранной стратегии в каком-либо отношении.

Важнейшим качеством эффективной стратегии является ее уникальность, ее способность поразить использованием неожиданных возможностей.

Стратегия обязана наглядно представить, в чем данное предприятие отличается от его конкурентов – в изобретении, конструировании, производстве, продаже, доставке или обслуживании своей продукции. В этой цепи последовательных шагов – от изобретения продукции до сервисного обслуживания – предприятие обязано найти то, что станет основой ее конкурентоспособности.

На третьем шаге проводится оценка стратегии с точки зрения полноты использования ею всех возможностей, предоставляемых рынком.

На четвертом шаге осуществляется сопоставление стратегии корпорации с ее ресурсами и возможностями. В основе процесса компетентной оценки корпоративной стратегии лежит оценка сильных и слабых сторон корпорации в контексте тех возможностей и опасностей, которые предоставляет рынок.

На пятом шаге оценивается экономическая оправданность избранного корпорацией уровня риска.

На шестом шаге проводится оценка стратегии с точки зрения стимулирования работы корпорации.

Ни одно предприятие не смогло достичь успехов, реализуя стратегии, которые расходились бы с интересами среднего звена ее менеджмента и служащих. Приверженность стратегии – ключ к ее эффективной реализации, и характер стратегического выбора, сделанного корпорацией, должен учитывать степень привлекательности той или иной стратегии для служащих предприятий.

На седьмом шаге прогнозируется эффективность стратегии в разрезе каждой стадии реализации.

Стратегия – долгосрочная программа, которая должна постоянно подвергаться оценке и контролю.

Для реализации стратегии применимы методы и подходы, разработанные для проектного управления (project management) [4, 22, 30, 37, 45, 57].

На основании принятой стратегии и ее определяющей линии, а также после разработки соответствующих бизнес-стратегий и функциональных стратегий, формируется годовой план для предприятия и разрабатываются соответствующие бюджеты. При этом могут разрабатываться и использоваться сетевые графики, составляться матрицы ответственности и распределения ресурсов и так далее – в зависимости от решаемых вопросов.

Для более детальной оценки не только самой стратегии, но и ее влияния на предприятие по результатам сравнительно длительной реализации можно воспользоваться рекомендациями, изложенными в [64].

Основной целью оценки деятельности корпорации, с точки зрения менеджмента, является выявление проблем, мешающих предприятию достигать целей или тормозящих его развитие.

Выделяются четыре направления, по которым должна идти оценка корпорации и работы управляющих.

1. Финансовое:

- взгляд на предприятие с позиций акционеров/инвесторов/владельцев;
- затрагиваемые вопросы – оценка финансового положения, эффективность использования ресурсов, жизнеспособности в финансовом отношении;
- возможные показатели: денежный поток, операционная прибыль от основной деятельности, балансовый отчет, различные коэффициенты.

2. Перспективы товарного рынка:

- оценка привлекательности товара/услуги с точки зрения потребителей данного рынка; соответствие типа предприятия характеру рынка; "отзывчивость" предприятия на требования потребителей; репутация предприятия;
- возможные критерии: размеры доли рынка предприятия, индексы цен, индексы потребительского отношения к товарам и срокам их доставки, продажа новых товаров и т.д.

3. Внутренние аспекты деятельности предприятия:

- основной вопрос – как выглядит предприятие в глазах его служащих;
- приверженность служащих своей корпорации – центральный момент успеха деятельности предприятия. Оценивается привлекательность предприятия для служащих как места работы; возможности, предоставляемые предприятием своим сотрудникам, в продвижении (в зависимости от заслуг), кадровая политика предприятия;
- возможные показатели: текучесть кадров, количество невыходов на работу, количество жалоб, число обученных служащих, программы переподготовки руководителей.

4. Конкурентоспособность предприятия:

- достижения, с которыми предприятие вступает в конкурентную борьбу;
- сравнительная оценка издержек производства, совершенства каналов распределения, технологическое совершенство, обслуживание потребителей. Использование инвестиционных возможностей и потенциала персонала;
- возможные критерии: предложение новых товаров и услуг, доля продаж новых товаров в общем объеме продаж, длительность товарного цикла, прибыльность производства и т.д.

Оценить деятельность предприятия в рамках только одного из описанных направлений невозможно; лишь взятые вместе, предлагаемые

критерии способны представить реальную картину действительного положения предприятия и направления ее движения. Основываясь на этих четырех направлениях, можно составить сбалансированное представление о финансовых и стратегических аспектах работы предприятия.

Особой проблемой является отсутствие или ненадежность необходимых данных. Должны быть точно определены и формализованы критерии отбора, оценки и механизма принятия решения.

Основными методами, используемыми при формировании, выборе и стратегии являются методы, использующие экспертную оценку, частично методы оценки эффективности инвестиций и прогноза, а также приемы и подходы, реализованные в бизнес-планировании [9, 47, 58].

Обычно предполагается, что деятельность корпорации направлена на достижение цели, которая может быть выражена единственным критерием [55]. Практически все методы исследования операций основаны на предположении о существовании единого критерия. В этом случае деятельность системы управления (одним из видов которого является стратегическое управление) становится адекватной процедуре решения некоторой оптимизационной задачи, в которой отыскивается экстремум определенного функционала – критерия, на переменные которого наложены ограничения. Достижение соответствующего экстремума критерия отождествляется с достижением цели системы. Оптимизация осуществляется выбором значений специальных переменных, называемых управлениями [55].

В некоторых случаях подобный подход может быть применен и в контексте стратегического управления и планирования, при моделировании отдельных сторон функционирования предприятия. Однако в общем случае этот подход неприменим.

Для сложных корпоративных систем обычно невозможно указать какой-то один скалярный критерий, оптимизация которого соответствовала бы достижению целей системы [55]. Каждое звено иерархической системы управления, как правило, вынуждено решать целый комплекс задач. Критерии различных звеньев управления различны и в принципе строго не согласуются между собой. Часть критериев не поддается однозначной формализации.

Как при формализации, так и при эвристическом, интуитивно-логическом анализе систем проблема многокритериальности обычно является наиболее сложной.

Непосредственная формальная (и не только формальная) оценка по многим критериям возможна только в случае явного доминирования одного критерия (что в случае стратегического планирования и управления несправедливо). Во всех остальных случаях приходится искать способ сведения многих критериев к одному. Эта проблема получила название скаляризации критериев.

Рассматриваются наиболее распространенные принципы, на которых могут быть основаны схемы стыковки компромиссов [55].

1. Принцип равномерности. В соответствии с ним, лучшим считается тот вариант решения, при котором наименьшее значение из возможных критериев больше, чем в других вариантах решения. Здесь при оптимизации значения критериев выравниваются. Этот принцип применяется, когда критерии равноважны.

2. Принцип абсолютной уступки. Лучшим считается вариант решения, при котором суммарный уровень снижения одних критериев не выше суммарного уровня других по сравнению с другими вариантами решений. Это эквивалентно максимизации суммы критериев. Недостатком такого подхода является возможность получения резкой разницы в уровнях отдельных критериев.

3. Принцип относительной уступки. Лучшее решение – при котором суммарный относительный уровень снижения одних критериев не превосходит относительного уровня повышения остальных критериев. Формально это эквивалентно поиску варианта с наибольшим произведением значений учитываемых критериев. Здесь происходит выравнивание критериев. Предполагается, что критерии равноважны.

4. Принцип выделения главного критерия. Является наиболее распространенным. Выделяется главный критерий, оптимизация которого отождествляется с достижением основной цели решения проблемы при условии, что уровень остальных критериев не меньше допустимого.

5. Принцип максимизации взвешенной суммы критериев. Каждому критерию ставится в соответствие специальный множитель – вес. Веса играют роль и масштабных коэффициентов, и коэффициентов, определяющих важность критериев. Скалярный критерий образуется суммированием умноженных на соответствующие веса учитываемых критериев.

Самая сложная часть задачи скаляризации векторного критерия – учет приоритета

критериев. Распространены две схемы учета – жесткая и гибкая [10, 55].

В жесткой схеме учета приоритета используется так называемый лексикографический способ. Критерии располагаются в ряд приоритета, например, по убыванию важности, так что критерию с большим номером в ряду соответствует меньшая важность. Проводится последовательная оптимизация критериев, при которой не допускается повышение уровня менее важных критериев, если это снижает уровень более важного критерия. Метод применяется при поиске решений, "близких" к оптимальному.

В гибкой схеме учета приоритета упорядочивание критериев осуществляется заданием либо вектора приоритета, либо весового вектора. Компоненты вектора приоритета определяют степень превосходства по важности одного критерия по сравнению с соседним в ряду приоритета. Такие оценки должны быть даны для каждой пары критериев. Оценка характеризует величину наибольшего допустимого снижения значения более важного критерия по сравнению с повышением значения менее важного критерия. Веса критериев характеризуют долю вклада каждого критерия в общее качество. Они не отрицательны и в сумме составляют единицу. Обоснование весов по своей сути сложнее, чем обоснование компонентов вектора приоритетов, поскольку для последнего достаточно проводить попарное сравнение критериев, а для задания весов – анализировать всю совокупность критериев.

Во всех упомянутых схемах существенная роль отводится лицам, принимающим решение (ЛПР). Именно ЛПР обосновывает весовые коэффициенты или определяет приоритет критериев.

Рассмотрим теперь более подробно использующие эти принципы методы.

Методы экспертной оценки. Методы целесообразно применять, когда:

- принимаемое решение относится к весьма ответственным (т.е. влечет за собой серьезные последствия в случае ошибки);
- сложная ситуация принятия решения (трудно определить сильные и слабые стороны, перспективы развития и возможные осложнения);
- большой объем информации (выделение действительно важной и достоверной информации);
- можно использовать опыт действий специалистов в подобных обстоятельствах;

– принятие решения требует профессионального знания ситуации и владение современными технологиями принятия решения

Экспертизы бывают индивидуальными и коллективными, одно- и многоэтапные, с обменом информацией между экспертами и без него, анонимные и открытые

Вместе с относительной простотой, доступностью и универсальностью методам экспертной оценки присущи и определенные недостатки. К числу основных проблем при использовании экспертных технологий относят

– использование комплексных методов организации и проведения экспертиз, позволяющих обеспечить достижение целей,

– формирование компетентных экспертных комиссий,

– подготовка необходимой аналитической информации,

– определение основных факторов, влияющих на развитие ситуации,

– разработка прогнозов и сценариев развития ситуации,

– получение количественных и качественных экспертных оценок,

– экспертное прогнозирование,

– обработка данных и получение коллективных экспертных оценок,

– определение комплексных экспертных оценок,

– анализ результатов экспертизы

К типичным ошибкам при использовании экспертных технологий относятся

– излишняя самоуверенность,

– преувеличение возможностей экспертных оценок,

– использование некомпетентных экспертов,

– увлечение количественными оценками,

– нарушение основных принципов экспертных измерений,

– увлечение методом "свертка" (скаляризацией векторных критериев),

– недостаточные процедуры коллективного выбора,

– конформизм экспертов

Но несмотря на все перечисленные недостатки, в качестве одной из основных составляющих систем поддержки принятия решений используются результаты экспертного оценивания

Бизнес-планирование [3, 7, 18, 25, 27, 34, 48, 49, 53, 56, 57, 59]

Его можно рассматривать в качестве подхода, объединяющего в единое целое ряд методов – и методы экспертной оценки, и маркетинговых исследований, и финансового анализа. К достоинствам подхода можно отнести внутреннюю логичность и целостность, а к числу недостатков – достаточно высокую трудоемкость, а также недостатки и ограничения используемых методов

Важными также являются методы, заимствованные из финансового анализа. Это концепция прогнозирования денежных потоков, теория стоимости денег во времени, а также составления различных моделей (прежде всего финансовых) проекта и проведение на их основе имитационного моделирования [14, 32]

Такое сочетание позволяет использовать бизнес-планирование как для оценки и анализа отдельных проектов/решений, так и для оценки предприятия (бизнеса)

К числу существенных недостатков следует отнести

– высокие требования к надежности и достоверности исходной информации,

– уделение слишком большого внимания количественной информации (нарушается принцип комплексности),

– вопрос правильного выбора коэффициентов дисконтирования (ставки дисконтирования),

– полученные показатели эффективности (чистый приведенный доход, внутренняя норма рентабельности, индекс прибыльности, срок окупаемости) часто носят противоречивый характер, не облегчая процесс принятия решения,

– затруднение построения финансовой модели,

– достоверность прогнозов,

– сведение результатов/последствий только к финансовым показателям

Между тем ряд достоинств этого подхода перевешивают его недостатки

– стандартная и общепринятая методика (ясность процесса для инвесторов, партнеров и др.),

– использование финансовой модели позволяет проводить анализ чувствительности и сценарный анализ – основа для оценки рисков и влияния тех или иных решений на финансовые потоки,

– анализ денежных потоков весьма важен для целей выживания предприятия (и ее обеспечения),

– оценка капиталовложений и инвестиций

В общем случае процедура бизнес-планирования выглядит следующим образом

1 Установление, что на предприятии существует проблема и выявление ее причин

2 Если проблема относится к области стратегических решений – постановка задачи об исследовании ее и возможных путей решения

3 Определение целей анализа и точки зрения, с которой будет рассматриваться проблема и пути ее решения

4 Предварительный анализ особенности проблемы, требуемые сроки и точность анализа, какого рода информация требуется и в каком объеме, предварительный выбор методов анализа

5 После сбора информации – анализ ее качества и достоверности. Выявление качественной и количественной информации

6 Проведение анализа с учетом допущений и ограничений, налагаемых на используемые методы, а также с учетом качества и объема информации

7 Выработка вариантов решения (возможных альтернатив). Выбор наилучшей

8 Подготовка информации в виде, позволяющем принять взвешенное и обоснованное управленческое решение (бизнес-план)

9 Работа с/по бизнес-планом

Следует упомянуть еще о нескольких методах, носящих вспомогательный характер при принятии решений

Один из них – методика структуризации проблемы/системы – SADT-технология [15, 28, 33, 62, 63]. Это методология структурного анализа и проектирования сложных систем. Ее использование целесообразно на ранних этапах анализа проблемы и изучения возможностей ее решения. Методика позволяет более четко понять ЛПР проблему – ее структуру, взаимосвязи, "схему работы" через составление и последующий анализ функциональных, информационных и других связей между объектами

Другой метод – широко известное сетевое планирование, которое целесообразнее всего использовать на этапе реализации сложного и ответственного решения

Еще одна группа методов – методы маркетинга [3, 5, 21, 24, 35, 44, 48]. Большинство из них базируется на экспертных методах. К числу наиболее известных методов относятся методы анализа информации и направлений развития – матрицы Бостонской консалтинговой группы, Джеренал Электрик и др.

Традиционные подходы к стратегическому планированию и управлению [1, 3, 16, 33, 36, 41, 51, 60, 67, 68], заключающиеся либо в трактовке его как некоего формального процесса, зачастую очень статичного, состоящего из выполнения ряда "ритуалов" безотносительно их взаимной важности и значения для формирования стратегии, а также без учета особенностей как текущей ситуации, так и самого предприятия, являются крайне односторонними и не позволяют реализовать весь потенциал предприятия, который доступен управляющим при использовании стратегического планирования и управления в полном объеме

Проблема стратегического планирования и управления характеризуется следующими позициями [2, 13, 17, 39, 41, 64, 68]

1 Большая размерность задачи

2 Многокритериальность

3 Ограниченное время на проведение анализа и принятие решения (формирование стратегии)

4 Серьезные последствия для предприятия в случае ошибочного решения

5 Отсутствие и ненадежность (а в некоторых случаях – переизбыток) информации, которая используется при анализе и принятии решений

6 Учет противоречивых требований и интересов различных групп

7 Большое количество возможных альтернатив деятельности предприятия порождает нечеткие цели и ограничения

8 Информация по проблеме состоит из большого числа количественных и качественных фактов/зависимостей одновременно

9 Часть информации существует только в виде лингвистических переменных

10 Высокие требования к разработчикам стратегии и ЛПР

11 Возможность подмены целей предприятия целями ЛПР (особенно при использовании интуитивно-логических методов)

12 Оценка стратегии может быть осуществлена только на основе одновременного учета всех сторон деятельности предприятия

Исходя из этого, наиболее перспективным представляется подход, заключающийся в использовании сильных сторон обоих направлений, при котором на основании концепции и принципов стратегического планирования и управления проводится формализованный анализ и моделирование ситуации (причем

опираясь как на количественную, так и на качественную информацию). На основании этих данных, с использованием различных эвристических методов, разрабатывается ряд приемлемых решений (альтернатив), из которых, на основании формализованного анализа, выбирается наиболее подходящее.

Подобный подход позволяет существенно снизить риск ошибки и повысить достоверность и качество анализа (процедуры принятия решения) за счет снижения доли субъективного в решении, не исключая полностью воздействия личности ЛПР на процесс решения.

Специфика характера стратегического планирования и управления и диапазон задач, решаемых при разработке и осуществлении стратегии, предъявляет широкие требования к системе поддержки принятия решения. Она должна обеспечивать возможность [36, 39]:

- осуществления прогнозирования;
- выработки (создания) приемлемых альтернатив/решений;
- проведения оценок (сравнение объектов между собой; оценка степени соответствия решения набору критериев; выбор наиболее подходящего решения; оценка эффективности);
- осуществления моделирования (изучение последствий управленческих решений);
- проведения оптимизации.

Теоретические основы обеспечения организационно-экономической устойчивости. Среди наиболее важных задач управления организацией, на решение которых необходимо обратить первоочередное внимание, следует назвать [29, 35, 43, 68]:

- 1) выбор и обоснование целей и стратегии деятельности предприятия, обоснование вариантов его наиболее перспективного развития;
- 2) прогнозирование внешних условий деятельности предприятия;
- 3) выявление причин неэффективной деятельности предприятия и поиск лучших путей их устранения;
- 4) структурная и функциональная перестройка предприятия, ее адаптация к изменившимся условиям деятельности;
- 5) создание положительного социально-психологического климата на предприятии;
- 6) подготовка кадров и разработка систем материального стимулирования и вознаграждения;

7) внедрение методов и подходов к долгосрочному и оперативному планированию, использование новых достижений в области управления;

8) использование в практике управления ЭВМ и новых информационных технологий.

Сложившаяся ситуация и общая культура управления вынуждает высшее руководство предприятия заниматься решением, в основном, оперативных проблем, в ущерб стратегической ориентации. Это только усиливает и углубляет кризисные явления и их последствия для предприятия, вплоть до полного паралича его деятельности и реальной угрозе подвергнуться процедуре санации.

Между тем, даже в странах с развитой, устойчивой экономикой, почти не подверженной потрясениям, успех стратегического планирования и управления является необходимым условием выживания предприятия, а образовательные учреждения предлагают специальные курсы и программы обучения стратегическому мышлению.

Одной из центральных сложностей внедрения стратегического планирования и управления на предприятии являются высокие требования к квалификации и личным качествам разработчиков стратегии, в результате чего важнейшим приоритетом в этом процессе является формализация стратегического управления предприятия и, таким образом, снижения требований к таланту "стратега".

Схема стратегического планирования и управления представлена на рис. 3.1.8.

В соответствии с данной схемой процесс стратегического планирования и управления состоит из следующих этапов.

1. Формулирование миссии предприятия, т.е. разработка его предназначения, области деятельности. Это эквивалентно установлению первоначальных, самых общих, ограничений на возможные альтернативы.

2. Определение стратегической концепции. Установление направлений деятельности, ограничений на используемые подходы и методы ("философия бизнеса"), а также устремлений предприятия.

3. Формулирование целей. Первоочередными целями деятельности любого предприятия являются обеспечение организационно-экономической устойчивости (ОЭУ) [27], а также цели роста и диверсификации, дополняющиеся несколькими вспомогательными (в том числе некоммерческими) целями. На этом

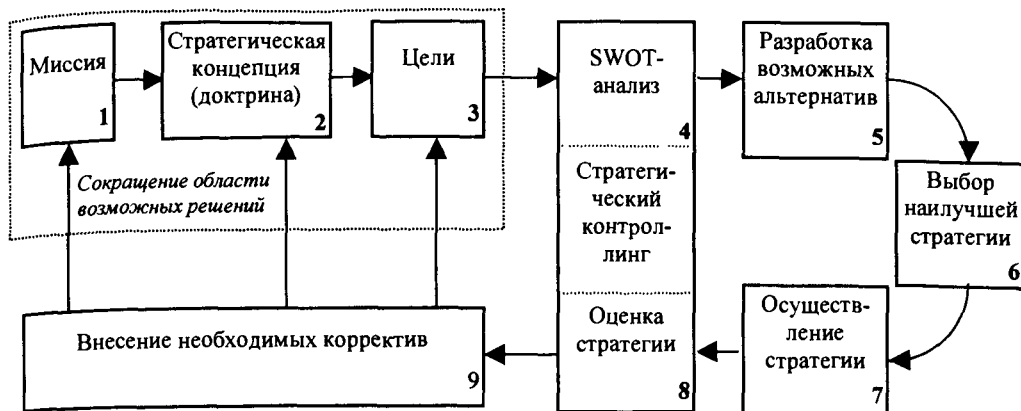


Рис. 3.1.8. Процесс стратегического планирования и управления

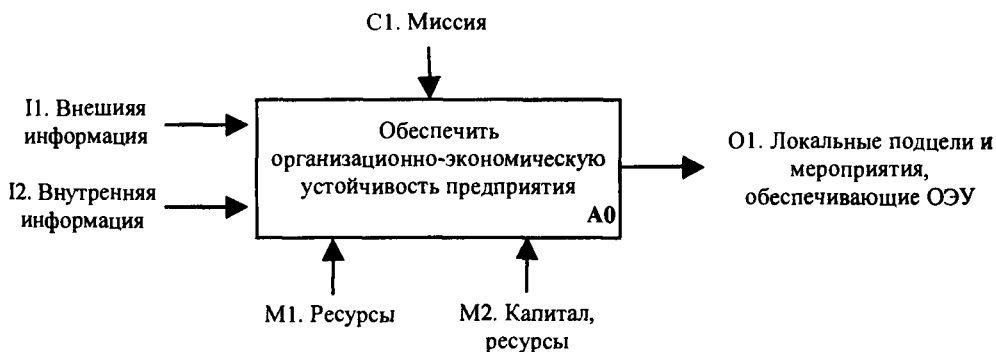


Рис. 3.1.9. Обеспечение долгосрочной ОЭУ предприятия (внешние связи)

сознательное собственное "заужение" области абстрактных возможностей заканчивается.

Основным содержанием цели обеспечения ОЭУ предприятия является "получение прибыли в размере, достаточном для наращивания стратегического потенциала фирмы и ее конкурентного преимущества".

Подцели, из которых складывается выживание предприятия с целью обеспечения ОЭУ, представляются набором диаграмм (рис. 3.1.9 – 3.1.11).

Внешними связями, влияющими на обеспечение ОЭУ предприятия, являются (A0 на рис. 3.1.9): информационные потоки, несущие в себе описание состояния окружающей среды (факты, свидетельствующие о тех или иных изменениях в тенденциях, возможностях, ограничениях и т.п.) и состояния самого предпри-

ятия; управляющее воздействие, представленное миссией предприятия и его доктриной – те ограничения, которые накладываются на остальные действия и цели; ресурсы, капитал и персонал предприятия, которые высшее руководство может задействовать, чтобы добиться ОЭУ.

ОЭУ предприятия складывается из правильного и своевременного достижения трех подцелей (рис. 3.1.10): обеспечения самосохранения предприятия как единого целого (системы) (A1), обеспечения адаптации предприятия (A2) и правильного установления баланса между этими двумя подцелями (A3).

Подцель "обеспечение сохранения" (A1) складывается из (рис. 3.1.11.) обеспечения минимально возможного денежного потока, при котором предприятие еще может существовать, (A11) – размер потока – определяется из условия,

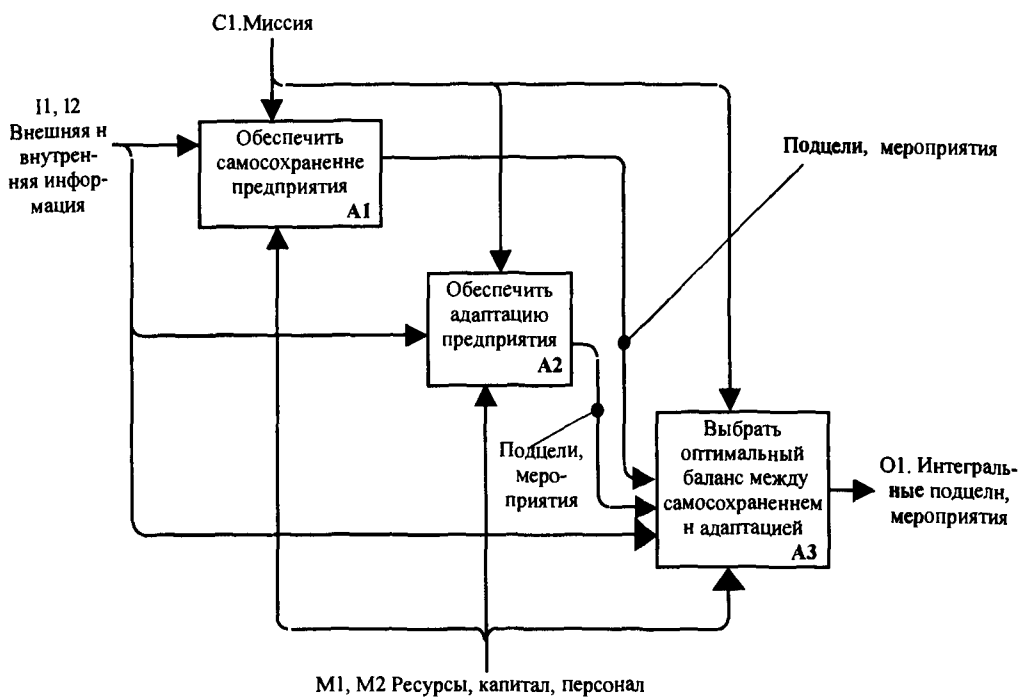


Рис. 3.1.10. Обеспечение долгосрочной ОЗУ предприятия (структура)

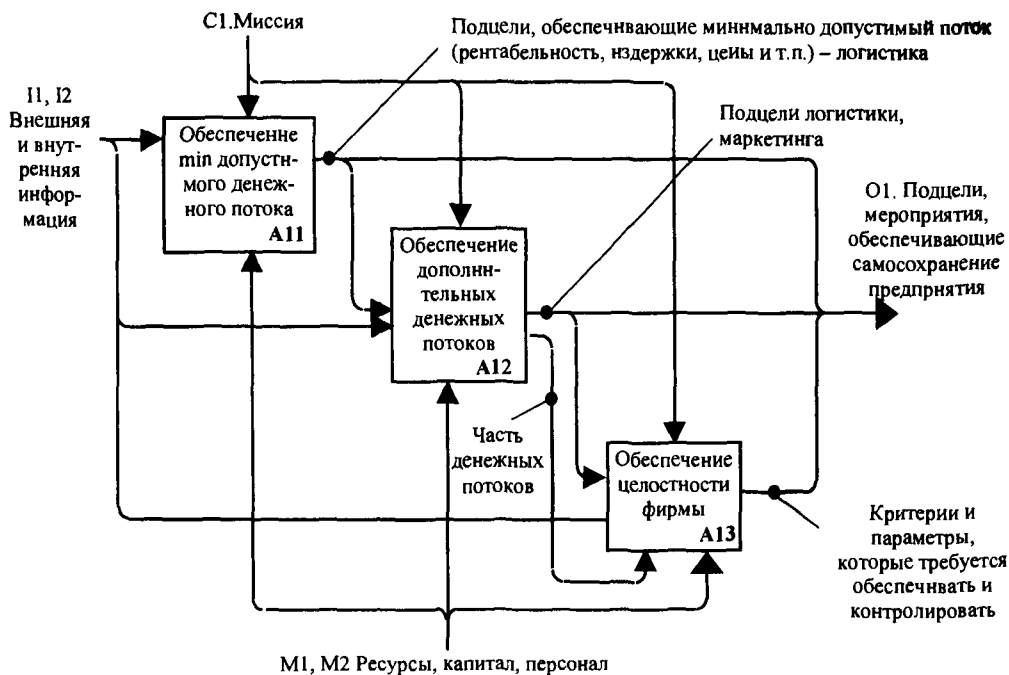


Рис. 3.1.11. Обеспечение самосохранения предприятия (A1)

что на предприятии свернуты все развивающиеся и поддерживающие программы, а получаемые денежные средства идут только на покрытие затрат по нескольким базовым продуктам/услугам и выплату неотложных долгов – достижение "точки безубыточности"; обеспечение "расширенного" денежного потока (A12) (дополнительного к минимальному), величина которого способна покрыть минимально возможные затраты по поддержанию и наращиванию стратегического потенциала и конкурентного преимущества, а также обеспечение целостности предприятия (A13), т.е. обеспечение сохранности его ресурсов, информации, капитала и персонала, включая недопущение потери контроля над предприятием (отслеживание движений акций, долговых обязательств и т.п., "враждебных" действий с ними, контроль над персоналом и др.). Результатом являются подцели логистики, направленные на достижение самосохранения предприятия. Условно их можно разбить на несколько групп: подцели, связанные с контролем и обеспечением управления оборотными средствами предприятия; подцели, связанные с управлением денежными средствами предприятия; подцели управления издержками предприятия и оптимизации структуры выпускаемой продукции; подцели, определяющие организационную структуру предприятия (включая службу безопасности) и подцели, определяющие работу с ценными бумагами (долями) и долговыми обязательствами предприятия.

Формирование и обоснование стратегии предприятия. Поскольку цель организационной структуры состоит в том, чтобы обеспечить достижение стоящих перед предприятием целей и задач, проектирование структуры должно базироваться на стратегических планах [12, 33, 41, 45, 51]. Выбор общей структуры предприятия – это решение, относящееся к стратегическому планированию, поскольку оно определяет то, как предприятие будет направлять усилия на достижение своих основных целей. Хотя она основывается на стратегии предприятия, но не является самой стратегией.

Необходимо рассматривать следующее распределение некоторых важнейших функций управления, с точки зрения обеспечения цели ОЭУ (рис. 3.1.12) – на основании дивизионального подхода к построению предприятия.

На схеме представлено несколько потоков, обеспечивающих функционирование предприятия.

1. Основной поток – основная деятельность предприятия, в результате которой она увеличивает свои блага (ресурсы, возможности и т.п.), т.е. достигает определенной цели. В этом процессе исходные ресурсы подвергаются трансформации в финансовые и другие блага и различные отходы.

2. Информационный поток – благодаря которому руководство предприятия получает сведения о его состоянии и положении во внешней среде.

3. Поток управления – посредством которого осуществляется целенаправленное воздействие на объекты (управляемые элементы) для достижения поставленных целей.

4. Поток финансовых и других ресурсов – является следствием того или иного управленческого решения.

5. Различного рода утечки.

Основной поток. Выделяются следующие стадии в этом процессе превращения исходных ресурсов в конечные.

1. Получение минимального количества и соответствующей номенклатуры необходимых для производства ресурсов – блок "поставки".

2. Основной процесс, переводящий исходный набор ресурсов в другой (пользующийся спросом). Техническая эффективность определяет соотношение полученного набора ресурсов и "отходов" – блок "основное производство".

3. Процесс преобразования конечного продукта, полученного на предыдущем этапе, в ценные или приемлемые для фирмы блага. Этот процесс выделен в отдельный блок "сбыт" для того, чтобы, во-первых, показать возможные потери, а во-вторых, подчеркнуть различие в локальных целях задач "произвести" и "сбыть".

4. После прохождения ресурсами цикла поставка – производство – сбыт появляются дополнительные ресурсы и/или изменяется их состав в сторону ценных организаций (в случае успеха) – таким образом, появляются финансовые и другие блага, которыми руководство может распоряжаться с целью наращивания стратегического потенциала и конкурентного преимущества. Следует отметить, что на данном этапе появляется возможность экономической оценки эффективности цепочки – как отношение ценности для организации результата (материальных и нематериальных благ) к затратам на их получение. Часть полученных ресурсов возвращается в цикл ("оборотные средства").

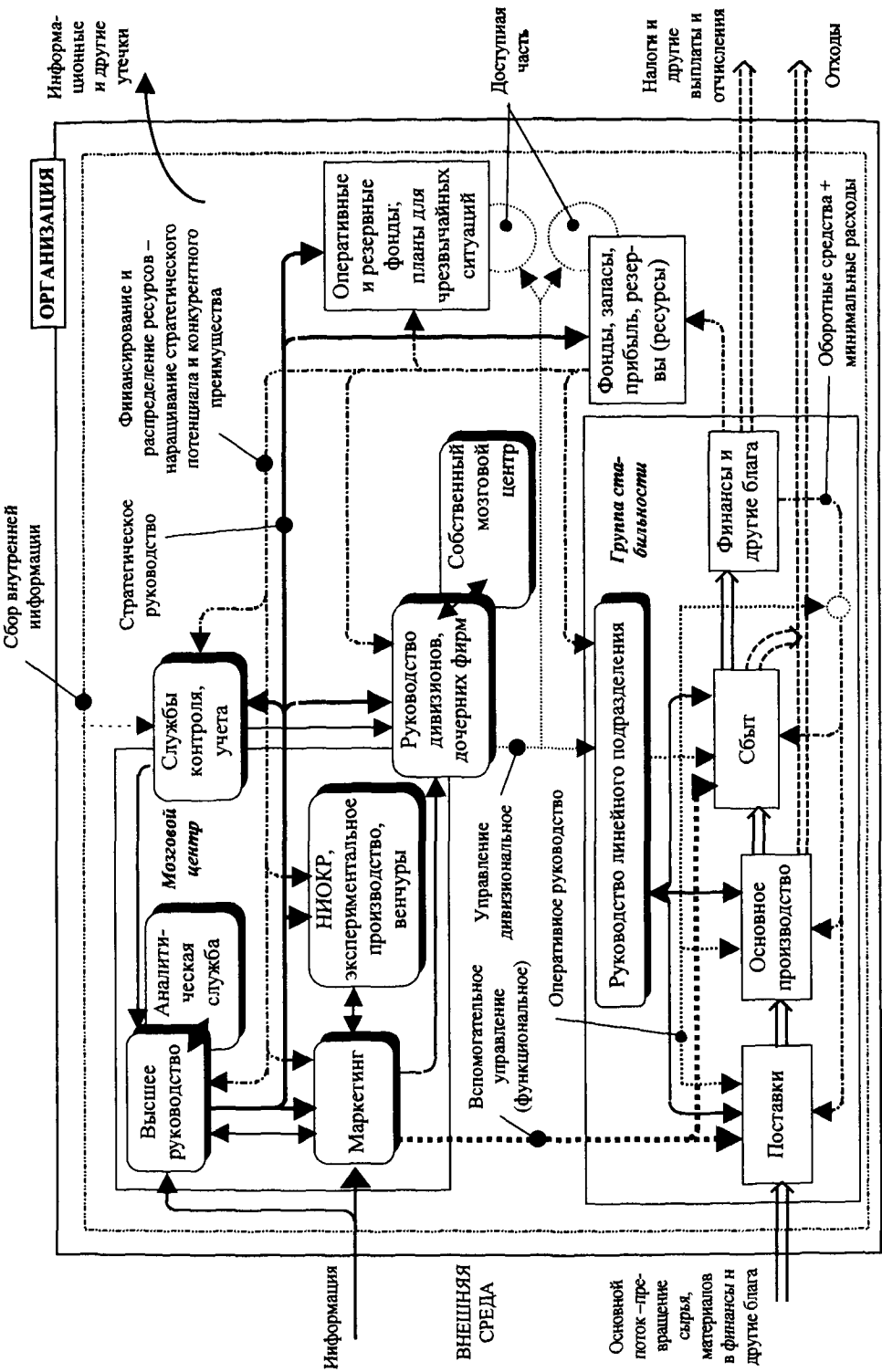


Рис. 3.1.12. Организационная структура и потоки предприятия с позиций обеспечения ОЭУ

Информационный блок. Для правильной ориентации и действий в условиях меняющейся окружающей среды руководству (прежде всего высшему) требуется получать соответствующую информацию.

Большая часть работ по первичному сбору внешней информации возлагается на отдел маркетинга. Всю внешнюю информацию можно условно разделить на стратегическую и оперативную. К оперативной информации можно отнести данные о поставщиках, конъюнктуре на основной продукт предприятия, клиентах и т.п. К стратегической информации – данные о политике и стратегии конкурентов, развитие науки и технологии и т.п.

Основная часть первичной внутрифирменной информации собирается и обрабатывается службами учета и контроля.

Основным потребителем собранной и прошедшей первичную обработку информации является высшее руководство. Именно на основании этих данных высшие руководители принимают управленческие решения, из которых вопрос о разработке стратегии стоит на первом месте. Вопрос о распределении полномочий и обязанностей между высшим руководством и руководителями подразделений решается в зависимости от предприятия, его целей и ситуации. Еще одним "потребителем" информации является подразделение перспективного развития, в задачи которого входит проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), экспериментальной отработки нового направления (продукт/услуга). Такая прямая информационная связь и близость расположения к отделу маркетинга и высшему руководству важна для успеха нововведений.

Важнейшим аспектом информационного обеспечения предприятия является быстрота и качество сбора информации и прохождения по каналам, а также вопросы безопасности. На схеме в качестве одного из потоков представлены "утечки", львиная доля которых относится именно к информационным утечкам. Контролируемые "утечки" как таковыми утечками не являются, а относятся к информационным воздействиям компании на окружающую среду. Величина, состав и характер утечек определяется как качеством управления, так и принятой структурой компании и мерами безопасности, а также интенсивностью и качеством промышленного шпионажа со стороны конкурентов.

Поток управления. На схеме выделены управляющие воздействия четырех типов (в зависимости от источника):

- 1) стратегическое управление (руководство);
- 2) управление дивизиональное;
- 3) оперативное руководство и вспомогательное управление.

Поток финансовых и других ресурсов. Это два потока – минимальный (оборотные средства плюс строго ограниченные издержки) и дополнительный, позволяющий предприятию развиваться.

Анализ схемы выделяет два больших характерных блока. Первый блок, объединяющий в себе высшее руководство, аналитическую службу, функциональное подразделение маркетинга, юридическую службу, отдел перспективного развития, – своеобразный "мозговой центр" и одновременно "центр активных мероприятий", который отвечает прежде всего за адаптацию организации к изменившимся/изменяющимся условиям. Второй блок, включающий производство продукции (оказание услуг) и соответствующее управление, – своеобразная "группа стабильности", обеспечивающая предприятие финансовыми и прочими благами, который отвечает за основную часть самосохранения системы.

Занимающее промежуточное положение руководство дивизиона присутствует в сложных, диверсифицированных компаниях (группах) и, по сути, дублирует функции вышестоящего "мозгового центра", т.е. относится скорее к системе адаптации.

Соответственно, для этих двух различных образований характерны различные черты и свойства.

Для группы "Адаптация" характерна высокая мобильность, высокая квалификация входящих в группу специалистов, небольшой состав группы, единство и нацеленность на результат, преданность интересам/целям предприятия. Наиболее целесообразной является матричная (проектная) организация подобной группы, т.е. использование отдельных высококвалифицированных специалистов из разных отделов и подразделений компании в работе над проектом "стратегическое развитие".

Для группы "Самосохранение", в которую помимо уже описанного линейного подразделения входят и службы маркетинга, учета, высшее руководство и т.п., т.е. практически вся организация, характерно четкое распре-

ление обязанностей и полномочий, прослеживаемая иерархия руководства и т.п. Для подобной группы наиболее целесообразной является дивизиональная (для крупных организаций) или линейно-функциональная схема построения. Основной задачей группы "Самосохранение" является повышение эффективности основной деятельности в рамках выбранной стратегии.

Еще один вопрос, требующий пояснения – действия, относящиеся к компетенции этих двух блоков при возникновении экстремальной ситуации.

Все экстремальные ситуации, в соответствии со степенью их неопределенности, можно разделить на три класса [55].

1. Ситуации, где число вариантов развития невелико, их можно предвидеть и заранее подготовиться к решению возникающих проблем.

2. Ситуации, где число возможных вариантов развития событий велико и заранее подготовиться к решению конкретных проблем невозможно.

3. Непрогнозируемые ситуации.

В соответствии с этим делением, решения, основанные на концепции самосохранения, могут справиться с ситуациями класса 1 и небольшой частью ситуаций класса 2. Для этого требуется заранее подготовить планы действий в экстремальных (нештатных) ситуациях. В соответствии с этими планами все экстремальные ситуации разбиваются на определенные группы, каждой из которых ставится в соответствие определенное решение (набор действий). При возникновении экстремальной ситуации ЛПР по признакам принадлежности распознает ситуацию, идентифицирует ее с соответствующей группой и стандартным решением. Таким образом, использование планов действий в экстремальных ситуациях позволяет получить выигрыш во времени и повысить эффективность и качество управления – у ЛПР появляется своеобразный "резерв времени", который может сыграть существенную роль в обеспечении ОЗУ предприятия.

Для большинства ситуаций класса 2 и всех ситуаций класса 3 методы, свойственные концепции самосохранения, неприемлемы. Для подобных ситуаций требуются более радикальные меры – использование концепции адаптации.

В настоящее время для принятия решений в ситуациях класса 2 и 3 в большинстве

случае используется исключительно интуиция (интуитивный уровень). Между тем, такой подход не всегда оправдан. Основным результатом решения подобных проблем является разработка соответствующих стратегий.

Итак, основой достижения поставленных перед компанией целей (прежде всего ОЗУ и развития) является стратегия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ансофф И. Стратегическое управление / Под ред. Л.И. Евсико. Пер. с англ. М.: Экономика, 1989.
2. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях / В кн. Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1975.
3. Беренс В., Хавранек П.М. Руководство по оценке эффективности инвестиций. М.: Интерэксперт, ИНФРА-М, 1995. 528 с.
4. Воропаев В.И. Управление проектами в России (Основные понятия, история, достижения, перспективы). М.: Аланс, 1995. 225 с.
5. Ворст Й., Ренетглоу П. Экономика фирмы. Учеб. / Пер. с датск. А.Н. Чекановского, О.В. Рождественского. М.: Высш. шк., 1994. 272 с.
6. Голубков Е.П., Голубкова Е.Н., Секерин В.Д. Маркетинг: выбор лучшего решения. М.: Экономика, 1993. 222 с.
7. Грабовый П.Г., Петрова С.Н. и др. Риски в современном бизнесе. М.: Аланс, 1994. 200 с.
8. Гренбэк Г.В., Басарева В.Г. Анализ и формирование организационной структуры промышленного предприятия. Новосибирск: Наука, 1983. 182 с.
9. Дзури К. Введение в управленческий и производственный учет. М.: Аудит, 1994. 560 с.
10. Дубов А.М. Обработка статистических данных методом главных компонент. М.: Статистика, 1978. 135 с.
11. Журнал "БОСС – Бизнес, организация, стратегия, системы". № 1. 1997.
12. Завьялов О.В. Формирование структур производственных систем. Л.: Внешторгиздат, 1990. 208 с.
13. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.

14. **Имитационное моделирование производственных систем** / Под общ. ред. А.А. Вавилова. М.—Берлин: Машиностроение — Техника, 1983. 416 с.
15. **Калянов Г.Н.** CASE структурный системный анализ (автоматизация и применение). М.: Лори, 1996.
16. **Кинг У., Клиланд Д.** Стратегическое планирование и хозяйственная политика. М.: Прогресс, 1982. 325 с.
17. **Кини Р.Л., Райфа Х.** Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. М.: Радио и связь, 1984. 560 с.
18. **Коласс Б.** Управление финансовой деятельностью предприятия. Проблемы, концепции и методы: Учебн. пособие / Пер. с франц. под ред. проф. Я.В. Соколова. М.: Финансы, ЮНИТИ, 1997. 576 с.
19. **Корн Г., Кори Т.** Справочник по математике. М.: Наука, 1968. 720 с.
20. **Корпоративное управление.** Владельцы, директора и наемные работники акционерного общества / Под ред. М. Хасселя. М.: Джон Уайли Энд Санз, 1996.
21. **Котлер Ф.** Основы маркетинга. Пер. с англ. / Общ. ред. и вступ. ст. Е.М. Пеньковой. М.: Прогресс, 1990. 736 с.
22. **Кочетков А.И.** и др. Управление проектами (Зарубежный опыт). СПб.: ДваТри, 1993. 443 с.
23. **Кузнецов А.И.** Принципы и подходы к формированию устойчивости предприятия в рыночной среде // Вестник машиностроения. 1997. № 2. С. 39 — 41.
24. **Левшин Ф.М.** Мировой рынок: конъюнктура, цены и маркетинг. М.: Международные отношения, 1993. 264 с.
25. **Липсиц И.В., Косов В.В.** Инвестиционный проект: методы подготовки и анализа. М.: Изд-во БЕК, 1996. 304 с.
26. **Логистика и бизнес:** Сборник материалов первой межотраслевой научно-методической и научно-практической конференции "Логистика в современных условиях развития экономики РФ", Москва, 29.01.1997 / Под общ. ред. Л.Б. Миротина и Ы.Э. Ташбаева. М.: Брандес, 1997. 430 с. Сообщение: Кузнецов А.И. Концепция построения логистической системы обеспечения выживаемости предприятия. С. 138 — 142.
27. **Логистикоориентированное управление организационно-экономической устойчивостью промышленных предприятий в рыночной среде** / И.Н. Омельченко, А.А. Колобов, А.Ю. Ермаков, А.В. Киреев. Под ред. А.А. Колобова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. 204 с.
28. **Марка Д., МакГоуэн К.** Методология структурного анализа и проектирования: Пер. с англ. М., 1993. 240 с.
29. **Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф.** Основы менеджмента. М.: Дело, 1993. 702 с.
30. **Мир управления проектами** / Пер. с англ. под ред. Х. Решке, Х. Шелле. М.: СОВНЕТ/АЛАНС, 1994. 304 с.
31. **Монсеева Н.К., Анискин Ю.П.** Конкурентоспособность, маркетинг, обновление. М.: Внешторгиздат, 1993. Т. 1. 221 с.
32. **Нейлор Т.** Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. М.: Мир, 1975. 500 с.
33. **Ойхман Е.Г., Попов Э.В.** Реинжиниринг бизнеса: Реинжиниринг организаций и информационные технологии. М.: Финансы и статистика, 1997. 336 с.
34. **Основы предпринимательского дела** / В.А. Анташов, Е.С. Зотова, М.В. Кузнецов и др. М.: МП "Тригон", 1992. 432 с.
35. **Портер М.** Международная конкуренция: Пер. с англ. / Под ред. и с предисловием В.Д. Щетинина. М.: Междунар. отношения, 1993. 896 с.
36. **Прикладные нечеткие системы:** Пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. М.: Мир, 1993. 386 с.
37. **Резниченко В.С., Ефремов В.А., Батьковский А.М., Хрусталева Е.Ю.** Современная теория управления инвестиционными проектами. М.: Центральный Российский Дом Знаний, 1993. 114 с.
38. **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.
39. **Саати Т., Кернс К.** Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
40. **Семь нот менеджмента** / Под ред. В. Красновой и А. Привалова. Изд. 2-е. М.: ЗАО "Журнал Эксперт", 1997. 176 с.
41. **Силлов В.Б.** Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС, 1995. 228 с.
42. **Стратегия и тактика антикризисного управления фирмой** / Под ред. А.П. Градова и Б.И. Кузина. СПб.: Специальная литература, 1996.

43. Твисс Б. Управление научно-техническими нововведениями. М.: Экономика, 1989. 276 с.

44. Тимофеева Н.М. Методы обработки патентной информации при изучении тенденций развития техники. М., 1988. 188 с.

45. Управление инновациями. Факторы успеха новых фирм / Сост. и общ. ред. Н.М. Фонштейн. Пер. с англ. М.: "Дело Лтд", 1995. 224 с.

46. Управление по результатам / Пер. с финск. под ред. Я.А. Лейманна. М.: Издательская группа "Прогресс", 1993. 320 с.

47. Финансовые и инвестиционные показатели деятельности американской фирмы. М.: СП "Крокос Интернешенел", 1991. 128 с.

48. Финансовый менеджмент. М.: CARANA Corporation – USAID – РЦП, 1997.

49. Финансовый менеджмент / Под ред. Е.С. Стояновой. М.: Перспектива, 1993. 268 с.

50. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия. М.: Прогресс, 1971. 340 с.

51. Хаи Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга. Пер. с нем. / Под ред. и с предисл. А.А. Турчака. М.: Финансы и статистика, 1997. 800 с.

52. Хейес-Рот Ф., Уотерман Д., Ленат Д. Построение экспертных систем. М.: Мир, 1987. 441 с.

53. Хелферт Э. Техника финансового анализа / Пер. с англ. под ред. Л.П. Бельх. М.: Аудит, ЮНИТИ, 1996. 663 с.

54. Цвиркун А.Д. Основы синтеза сложных систем. М.: Наука, 1982. 200 с.

55. Циничко В.Н. Руководителю – о принятии решений. 2-е изд., испр. и доп. М.: ИНФРА-М, 1996. 272 с.

56. Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. М.: Дело, 1992. 160 с.

57. Шапиро В.Д. и др. Управление проектами. СПб.: ДваТри, 1996. 610 с.

58. Шарп У., Александер Г., Бэйли Дж. Инвестиции: Пер. с англ. М.: ИНФРА-М, 1997. 1024 с.

59. Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С., Негашев Е.В. Методика финансового анализа предприятия. М.: ЮНИГЛОБ совместно с ИПО "МП", 1992. 80 с.

60. Экономическая стратегия фирмы / Под ред. А.П. Градова. СПб.: Специальная литература, 1995.

61. Экспертиза инвестиций. В помощь предпринимателю и банкиру. ДЖИПЛА лимитед. М., 1992. 54 с.

62. Юдицкий С.А., Кутанов А.Т. Технология проектирования архитектуры информационно-управляющих систем. М.: ИПУ, 1993.

63. Integrated Definition for Function Modeling (IDEF0). Standard. Computer Systems Laboratory. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, Md. 20899, 1993.

64. Kenneth R. Andrews. The Concept of Corporate Strategy, Homewood, Ill: Dow Jones – Irwin, 1980.

65. Lorange P. Corporate planning: an executive viewpoint. New Jersey: Prentice-Hall, 1980. P. 248.

66. Mann R., Mayer E. Controlling. Rudolf Haufe Verlag, Freiburg I& Br., 1993. P. 304.

67. Ohmae K. The mind of the strategist. New York, San Francisco, Hamburg, London, Madrid, Mexico, Tokyo, Toronto: McGraw-Hill, Inc., 1982. P. 288.

68. Thompson A.A., Strickland A.J. Strategy formulation and implementation. Boston, USA: IRWIN. 1992. P. 448.

3.1.2. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Анализ подходов и методов управления инновационными процессами промышленного предприятия. Основными задачами подготовки производства и освоения новой продукции традиционно являются:

- сокращение сроков освоения новой продукции;
- снижение затрат на ее создание;
- достижение высокой экономичности новой продукции.

Принципиальная схема традиционной подготовки производства и освоения выпуска новой продукции представлена на рис. 3.1.13.

В рамках плановой экономики существовали достаточно продолжительные сроки создания новой продукции, что снижало эффективность вложений в научные исследования. Кроме этого, существовал факт того, что техника устаревала еще до начала ее эксплуатации.

Полностью отсутствовал в моделях управления инновационными процессами системный подход и анализ. Системный подход в современных условиях заключается в диверсификации понятия инновация, т.е. необходимо рассматривать инновации в полном комплексе систем маркетинга, логистики и контроллинга.

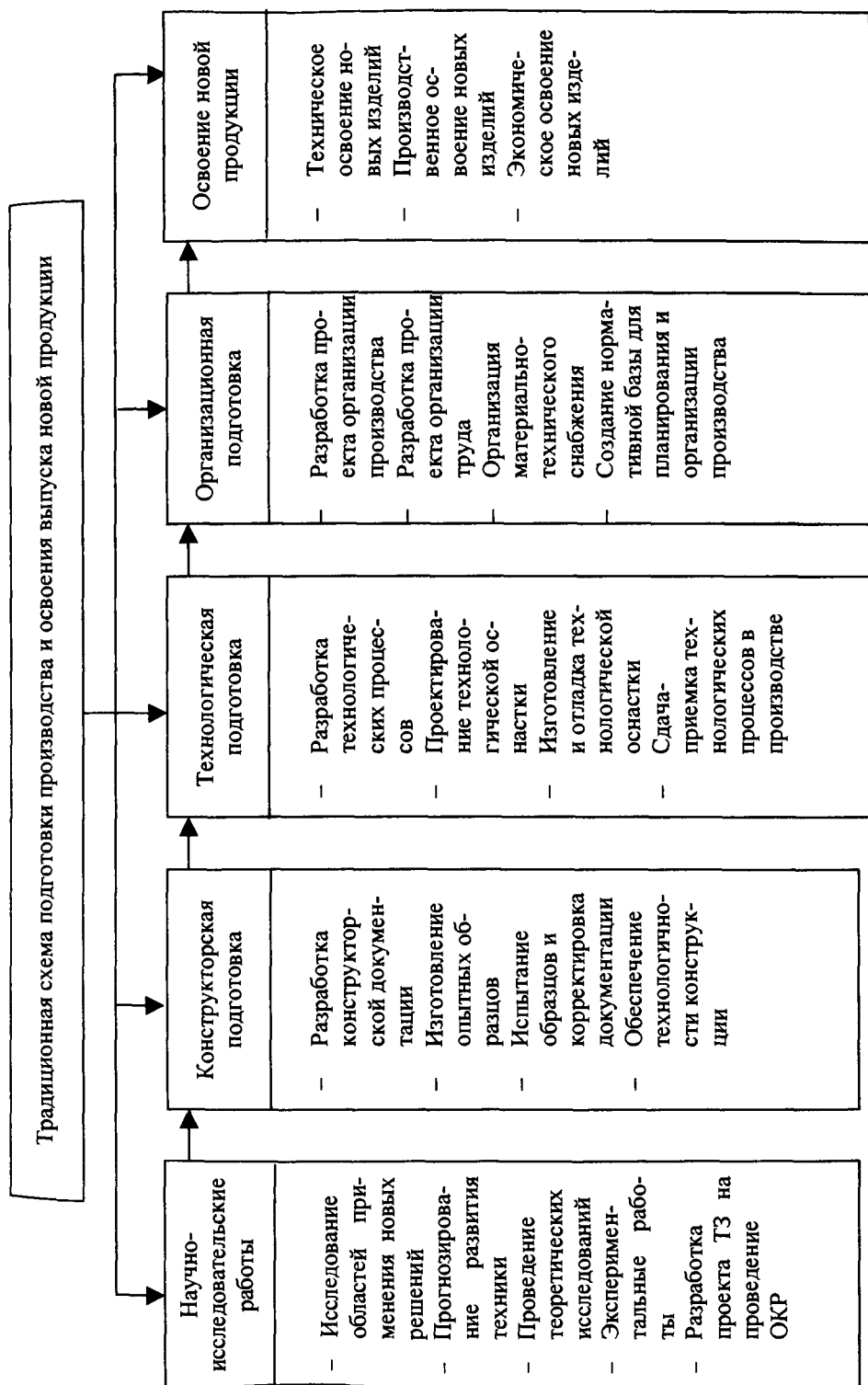


Рис. 3.1.13. Принципиальная схема традиционной подготовки производства и освоения выпуска новой продукции

Одним из источников прибыли является своевременное обновление продукции. При этом наличие емкого рынка является одним из факторов, стимулирующих ускоренное обновление продукции, так как рентабельность новой продукции обеспечивается, как правило, большими объемами продаж.

В период плановой экономики в процессе обновления продукции преобладал технический подход, то есть стремление улучшить технико-экономические характеристики продукции без учета требований рынка.

Любая продукция может содержать техническую новизну, но не иметь рыночной (потребительской) новизны.

Особую трудность представляет освоение выпуска принципиально новых изделий. В качестве причин выделяются:

- принципиально новый продукт связан с поиском нового рынка и потребителя, организацией сети распределения и обслуживания;
- требуются новые технологические решения;
- необходима организация новых связей с поставщиками;
- требуется коренное преобразование имеющейся техники, материалов;
- наличие риска, связанного с инвестированием финансовых средств в производство для организации выпуска инновационных видов продукции.

Разрешение в комплексе всех перечисленных проблем является достаточно актуальной задачей.

Существующие в отечественной и зарубежной практике на сегодняшний день модели построения и управления инновационными процессами можно разделить по двум основополагающим признакам [7] (табл. 3.1.7):

- 1) по организационной структуре построения модели;
- 2) по методу реализации модели.

Простейшей моделью является "инновационная цепь", которая представляет собой последовательную взаимосвязь следующих этапов:

- фундаментальные исследования;
- прикладные исследования;
- опытное производство и разработка;
- подготовка к производству;
- производство;
- сбыт.

Основой этой модели является то, что исследовательские центры на основе новых знаний практически автоматически рожают новые идеи, новые продукты и технологические процессы, не принимая во внимание комплекса маркетинга. На основе этой модели предприятие должно прийти к экономическому росту. Достоинством модели является ее простота. Недостатками здесь являются:

- отсутствие обратной связи;
- отсутствие комплексной взаимосвязи между отдельными этапами инновационной цепи;
- отсутствие в модели блока учета риска движения процесса по запланированному алгоритму.

3.1.7. Модели управления инновационными процессами

Организационная структура построения модели	Метод реализации модели
Инновационная цепь	Малые и средние предприятия превращают научные идеи и разработки в готовый продукт (рисковое венчурное предпринимательство)
Кибернетическая модель	Тесная кооперация науки и практики на крупных предприятиях (научно-производственные объединения)
Модель параллельно-последовательного взаимодействия фаз инновационного процесса	Международная межфирменная кооперация
Социально-технологическая модель	Стратегические альянсы в области инноваций (консорциумы и совместные предприятия)

Кибернетическая модель представляет собой инновационный процесс, который является совокупностью подэлементов, находящихся во взаимодействии и обладающих множественными обратными связями. В этой модели сделана попытка совместить информационные и материальные потоки в инновационном процессе. Наряду с явным преимуществом этой модели по сравнению с предыдущей здесь в качестве недостатков выделяются:

- отсутствие стыковки конфликтующих целевых установок отдельных подэлементов;
- отсутствие системы управления риском;
- отсутствие элементов, обеспечивающих реакцию модели на изменение во внешней среде.

Модель параллельно-последовательного взаимодействия фаз инновационного процесса взаимоувязывает функциональные компоненты инновационного процесса в рамках отдельного предприятия [6, 7]. Модель является практически направленной и ориентирована в основном на управление технико-технологическими и экономико-организационными параметрами на уровне предприятия. Модель учитывает также изменение внешней среды, но не дает возможности провести декомпозицию результатов на базовые элементы производственной системы. Также не учитывает составляющую риска.

Социально-технологическая модель инновационных процессов [8] используется для реализации различных вариантов продвижения инноваций.

Теоретические принципы структурной адаптации организационно-экономической системы к воздействиям внешней среды. В центре системы производственно-хозяйственного и финансового планирования и управления любого современного предприятия находится ориентация на создание его устойчивого финансово-технологического положения в долгосрочной перспективе.

Существуют методы оценки финансового положения предприятия. Методов же определения (выделения) так называемых "узких мест" предприятия, в которых необходимо производить какие-либо мероприятия по улучшению производственно-хозяйственной и финансовой деятельности, практически нет.

Требование современности заключается в том, что предприятие должно постоянно реагировать на изменение внешней среды. Это возможно лишь в случае, если все структуры

предприятия способны в любой момент времени с минимальными потерями для эффективности предприятия начать процесс реструктуризации по критерию получения максимального эффекта от производственно-хозяйственной и финансовой деятельности в долгосрочной перспективе.

Оценить эффективность того или иного проекта реструктуризации возможно лишь при наличии экономико-математической модели (ЭММ) этого процесса.

Под реструктуризацией предприятия понимается комплекс организационных, управленческих, технологических, инженерных и экономико-финансовых мероприятий, обеспечивающих предприятию повышение конкурентоспособности и возможность ее сохранения в долгосрочной перспективе.

Одним из аспектов понятия конкурентоспособности предприятия является создание наилучших возможностей привлекать и сохранять потребителей.

Поэтому реструктуризация любого предприятия должна быть направлена на решение этой проблемы.

Выделяются основные направления процесса реструктуризации:

- производственное;
- технологическое;
- организационное;
- финансово-экономическое.

Первоначальным этапом реструктуризации является реструктуризация целей функционирования предприятия для различных периодов планирования.

Удовлетворение потребности рынка является возможным лишь в том случае, если вся деятельность будет организована в соответствии с основным тезисом концепции логистики: поставка необходимой продукции заданного количества и качества в требуемое место и время по строго определенной цене. Декомпозиция этого тезиса по времени и в разрезе всех снабженческо-производственно-сбытовых процессов позволяет определить целевые установки и направления реструктуризации предприятия. Это является вторым этапом реструктуризации. Для этого вся траектория движения снабженческо-производственно-сбытового процесса разбивается на контрольные элементы, в которых осуществляется элементарное преобразование каждого из процессов. С целью формализации этапов моделирования процесса реструктуризации вводится описание состояния любого

процесса в каждом контрольном элементе. В каждом элементе траектории существует три характеристики процесса: описание процесса на входе; описание процесса на выходе; описание преобразования. На третьем этапе реструктуризации происходит рассмотрение каждого отдельного элемента траектории и оптимизация его состояния по критерию устойчивой эффективности всей производственно-хозяйственной деятельности предприятия в стратегической перспективе.

Рассматривается данный процесс в типовой снабженческо-производственно-сбытовой системе (СПСС) ($q = \overline{1, Q}$, где Q – общее количество процессов состоит из Ω потоков ($\omega = \overline{1, \Omega}$); ω_q – поток ω для процесса q). Тогда описание потока ω в процессе q для элемента траектории w ($w = \overline{1, W}$, где W – общее количество элементов в траектории СПСС) можно представить следующим образом:

$$\begin{pmatrix} A_{1\omega_q}^w \\ \vdots \\ A_{j\omega_q}^w \\ \vdots \\ A_{J\omega_q}^w \end{pmatrix} \rightarrow O^w \begin{pmatrix} A_{1\omega_q}^w \\ \vdots \\ A_{j\omega_q}^w \\ \vdots \\ A_{J\omega_q}^w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_{1\omega_q}^w \\ \vdots \\ B_{j\omega_q}^w \\ \vdots \\ B_{J\omega_q}^w \end{pmatrix},$$

где $A_{j\omega_q}^w$, $B_{j\omega_q}^w$ – j -й параметр описания потока ω для процесса q соответственно на входе и на выходе элемента траектории; O^w – оператор преобразования процессов и потоков в элементе w траектории; $j = \overline{1, J}$; J – общее количество параметров описания потоков. Следует обратить внимание, что $B_{j\omega_q}^w = A_{j\omega_q}^{w+1}$, $w = \overline{1, W}$, $j = \overline{1, J}$, $\omega = \overline{1, \Omega}$, $q = \overline{1, Q}$.

Необходимо определить оптимальную структуру оператора преобразования O^w для каждого элемента траектории снабженческо-производственно-сбытового процесса таким образом, чтобы конечные состояния всех процессов для всех потоков соответствовали требованиям потребительского рынка.

Организационно-экономическая система (ОЭС) – это совокупность установившихся на данный момент времени технических, техно-

логических, экономических, финансовых, информационных и других взаимосвязей между всеми элементами промышленно-сбытовой системы (ПСС) – поставщиками; производственными и снабженческо-сбытовыми подразделениями предприятия; потребителями и транспортно-складскими организациями. Структура ОЭС является многоуровневой и полиструктурной.

Анализ производственно-хозяйственной деятельности ОЭС типовой ПСС позволяет сделать ряд выводов и выдвигает ряд проблем.

С точки зрения отдельно взятой ПСС к элементам внешней среды относятся: конкуренты, государственные и финансовые организации, а также структуры, в которых формируется динамика научно-технического прогресса во всех сферах деятельности (производственной, технологической, организационной, экономической, финансовой (финансовая инженерия), социальной и др.). Каждый элемент внешней среды является причиной нарушения устойчивого функционирования ПСС. Особо следует выделить элемент возмущения "конкуренты", поскольку он воздействует не только на всю ПСС, но и на отдельно взятые подсистемы. Ядром ПСС является производственное предприятие. Ядро (или управляющий центр) имеет решающий голос при формировании цепи:

поставщик → предприятие → потребитель.

При этом любое предприятие-поставщик стремится усилить свои позиции на рынке. Поэтому они борются за внедрение в состав более сильных ПСС. Аналогичная ситуация происходит и с потребителями (конечными и организациями).

Поэтому на первый план выходит формирование системы стратегического планирования и управления ПСС. Рассматривается система стратегического планирования в формате методологии SADT (Structured Analysis and Design Technique – методология структурного анализа и конструирования) [142] (рис. 3.1.14).

Целевая картина ПСС должна отражать четыре аспекта: экономический, количественный, качественный и развития.

Экономический аспект отражает повышение доходности на вложенный капитал, увеличение прибыли и может быть формализован следующим образом: необходимо определить объемы выпуска продукции N_i по каждому i -му виду продукции ($i = \overline{1, n}$; n – количество

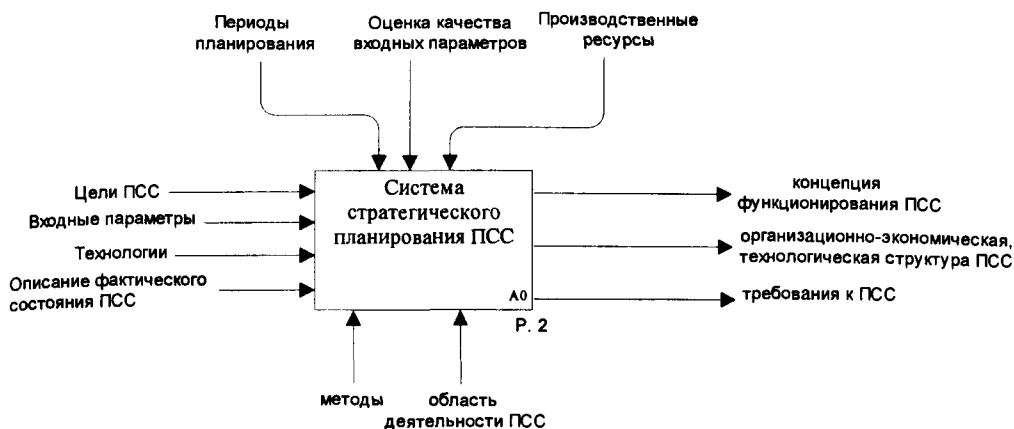


Рис. 3.1.14. Базовый уровень системы стратегического планирования в формате методологии SADT

видов выпускаемой продукции) таким образом, чтобы целевая функция

$$Z = \sum_{i=1}^n f_i(N_1, \dots, N_n) \rightarrow \max$$

принимала максимальное значение при ограничении на ресурсы:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{ij} N_i \leq M_j, \quad j = \overline{1, m},$$

где α_{ij} – расход j -го вида ресурса на производство единицы i -го вида продукции; $j = \overline{1, m}$; m – количество видов сырьевых и производственных ресурсов; M_j – имеющееся количество ресурсов j -го вида на предприятии на рассматриваемый период планирования Δt .

Количественный аспект выражается в виде доли ПСС на рынке или объема продаж. В этом случае целевая функция:

$$Z = \sum_{i=1}^n (P'_i - P_i) \rightarrow \min,$$

где P'_i – максимально возможная емкость рынка по i -му виду продукции за период времени Δt ; P_i – объемы продаж ПСС по i -му виду продукции за тот же период времени Δt .

Качественный аспект характеризует потребительские качества продукции.

Аспект развития связан с диверсификацией ПСС. Большую роль играет выбор, оценка и внедрение различного рода инноваций.

Входными параметрами в систему стратегического планирования ПСС являются полная совокупность данных маркетинговых исследований: цена, возможные объемы реализации (потребности), требования к сервисному обслуживанию в разрезе каждого вида продукции, по каждому периоду времени Δt_i и каждому региону; данные о конкурентах, поставщиках [16] и прочих субъектах инфраструктуры.

Рассмотрение технологий предполагает полный анализ всех существующих технологий по используемым направлениям.

В разделе входной совокупности по описанию фактического состояния ПСС представляются все данные о производственно-хозяйственной и финансовой деятельности ПСС в разрезе каждой функциональной подсистемы и по местам возникновения затрат.

Блок "Система стратегического планирования" раскрывается в систему блоков (рис. 3.1.15):

- разработка логистической структуры;
- формирование организационной структуры;
- структурное планирование системы.

Разработка логистической структуры является ключевым звеном и базируется на выборе логистической стратегии и инновационной стратегии (рис. 3.1.16). На основании полученных результатов формируются блоки данных по:

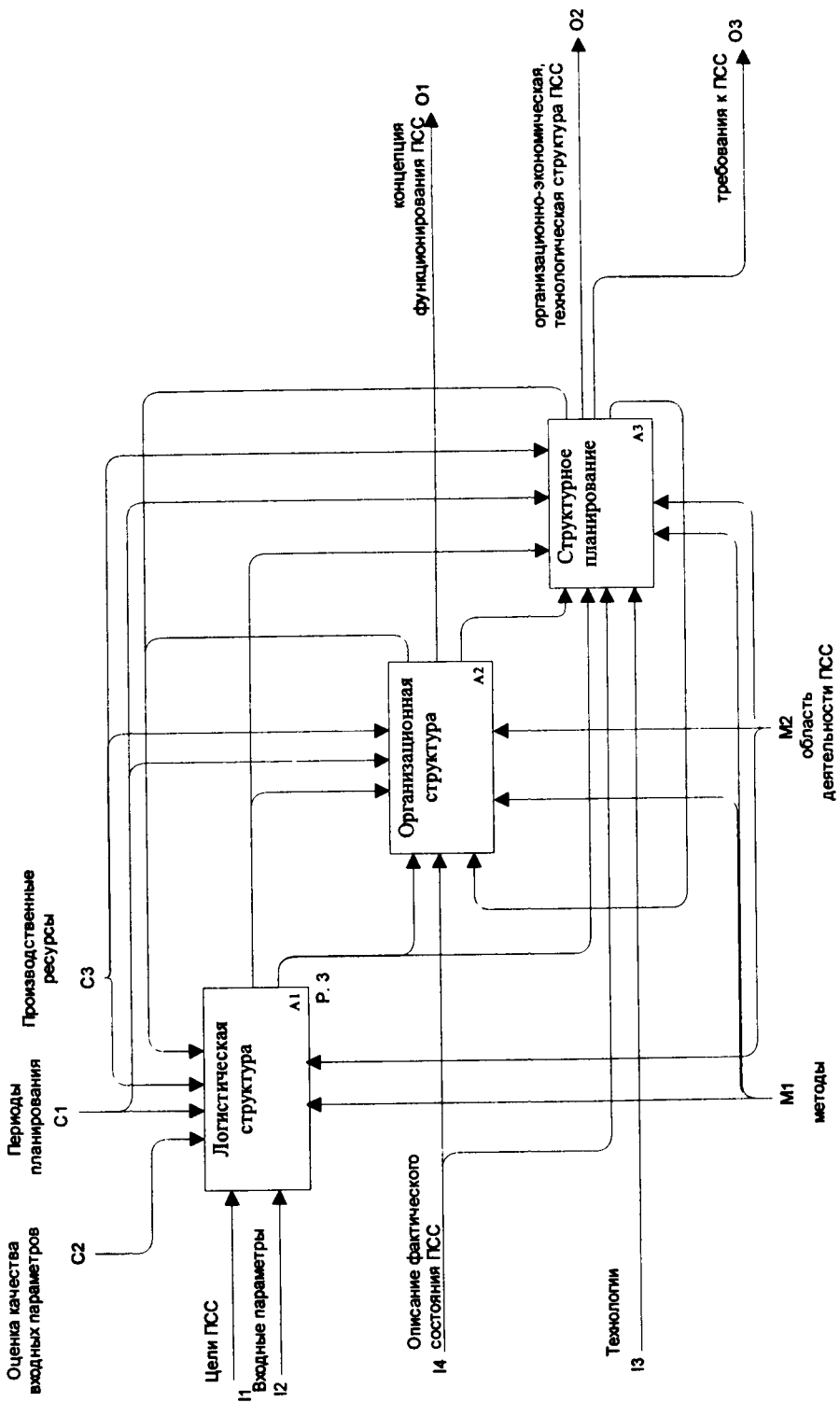


Рис. 3.1.15. Базовая схема формирования системы стратегического планирования

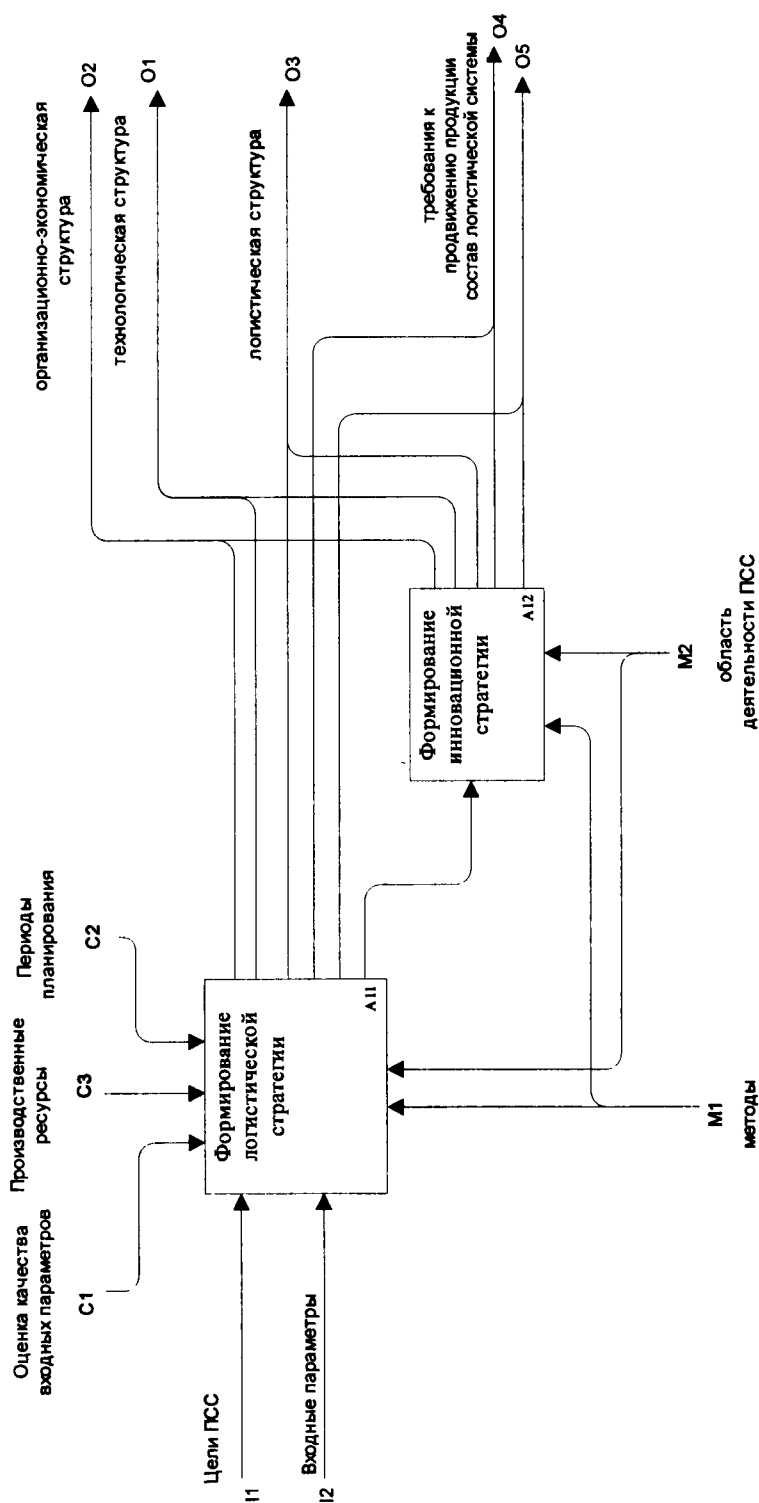


Рис. 3.1.16. Базовая схема формирования логистической структуры PSS обеспечения процесса адаптации к воздействиям внешней среды

- организационно-экономической структуре;
- технологической структуре;
- логистической структуре;
- составу логистической системы;
- требованиям к продвижению продукции.

Разработка методов и моделей выбора оптимальной ОЭС адаптации ПСС к колебаниям внешней инфраструктуры должна подчиняться основным теоретическим принципам.

1. Принцип логистического подхода и логистикоориентированного анализа [15]. Логистический подход заключается в:

- а) создании логистических систем на основе системного подхода;
- б) учете общих затрат при создании логистических систем;
- в) обеспечении необходимого уровня сервиса потребительского спроса;
- г) определении эффективности логистической системы.

Составляющими для логистикоориентированного анализа являются: структура внутренней среды объекта; структура внешней среды объекта; параметрическое описание внутренней и внешней среды; сформулированные цели функционирования ПСС; факторы взаимного влияния внутренней и внешней среды; критерии состояния внутренней среды; механизм оценки уровня состояния внутренней и внешней среды и ПСС в целом.

2. Принцип параметрическо-диагностического подхода. Необходимость введения этого принципа объясняется тем, что любой объект, в том числе и ПСС, описывается бесконечно большим количеством параметров, использование которых в полной совокупности практически невозможно для получения конкретных решений. Необходимо произвести выборку этих параметров. Составляющими совокупности при параметрической диагностики являются: дерево свойств объекта (ПСС) и его составляющих; идентификатор свойств по классам признаков и механизм подбора параметров, выражающих свойства; набор параметров описания объекта; шкалирование значений параметров; нормирование значений параметров; отбор внешних и внутренних факторов; выбор внешних и внутренних индикаторов для организации их мониторинга; измерение значений параметров; модели взаимного соответствия составляемых ком-

понентов и параметров объекта; интегральные оценки состояния объекта и его компонентов.

3. Принцип целевого подхода. Принцип основан на идентификации и структуризации желаемого результата состояния объекта (ПСС) и построении программы достижения целей. Составляющими совокупности целевого подхода являются: формализация главной цели управления ПСС (объектом); дерево целей; матрица "цели-средства"; методы и алгоритмы процесса достижения цели; моделирование процесса достижения цели; организационная структура системы; методы и модели для проведения контроля и анализа реализации процесса достижения цели функционирования ПСС.

4. Принцип ситуационного подхода.

Основан на проведении исследований поведения объекта в различных ситуациях неустойчивости, создаваемых внешней и внутренней средой. Составляющими совокупности для осуществления ситуационного подхода являются: информационная база ПСС в разрезе всевозможных моделируемых ситуаций; параметры наблюдений за ситуациями изменений; анализ и классификация ситуаций (распознавание и выделение ситуаций-задач); моделирование реакции управляющих подсистем ПСС на существующую ситуацию; моделирование альтернативных сценариев развития ситуации по принимаемым решениям; реализация процесса по решению выхода из сложившейся ситуации; каталогизация фактических ситуаций и опыт их решения.

5. Принцип возвратно-последовательного принятия решений основан на моделировании процессов подготовки и принятия решений; позволяет создавать системы поддержки принятия решений. Составляющими совокупности при возвратно-последовательном принятии решений являются: состав и классификация решений, принимаемых в ПСС; выделение подразделений, готовящих и принимающих решения в ПСС; методы прогнозирования; модели разработки технологий принятия решений; моделирование ситуаций-задач, требующих решения в реальном режиме времени; разработка методов и алгоритмов решения ситуационных задач; формирование альтернативных проектов решения ситуационной задачи; оценка, выбор и принятие решений; разработка модели процесса управления, реализацией решения; оценка риска по анализируемой ситуационной задаче.

Для внедрения инновационных стратегий на предприятии должны быть достаточно веские основания, которые могут быть определены на базе анализа "узких мест". В качестве "узких мест" выделяются подразделения в каждой из функциональных подсистем предприятия по критерию снижения эффективности или превышения затрат на недопустимую величину. При этом предприятие должно ориентироваться на стабильную производственно-экономическую деятельность в стратегической перспективе.

ЭММ базируется на особенностях экономических систем, к которым по сравнению с техническими относятся:

- нестационарность отдельных параметров систем и стохастичность ее поведения;
- уникальность и неопределенность поведения системы в конкретных условиях; наличие предельных возможностей, определяемых имеющимися ресурсами;
- способность изменять свою структуру и формировать варианты поведения;
- способность противостоять энтропийным (разрушающим систему) тенденциям;
- способность адаптироваться к изменяющимся условиям;
- способность и стремление к целеобразованию, т.е. формированию целей внутри системы.

Процесс реструктуризации условно разбивается на 2 этапа. На первом этапе предприятие проводит анализ производственно-экономической деятельности, выделение и анализ "узких мест", а также обоснование необходимости реструктуризации предприятия (ПСС) или какого-либо отдельно взятого подразделения. На втором этапе проводится процесс реструктуризации.

Предприятие (ПСС), имея задачу о выборе и внедрении некоторой инновационной стратегии, сталкивается со сложным и многоуровневым процессом управления. Оценка, выбор и внедрение инновационных стратегий осуществляются с помощью ЭММ.

Логистико-ориентированное моделирование процесса внедрения инновационных проектов. Инновационные проекты и методы их моделирования. Инновация, как идея создания чего-то нового, имеет право на существование лишь в какой-то момент времени t_0 . Инновация, как идея, доведенная до объекта, удовлетворяюще-

го потребности потребителя, является процессом. И в этом случае необходимо говорить об инновационном проекте.

Существуют принципиальные отличия, характерные лишь для инновационных проектов:

- высокая степень неопределенности (технической, коммерческой) параметров проекта (сроки достижения намеченных целей, предстоящие затраты, будущие доходы);
- низкая достоверность предварительной финансово-экономической оценки, что предполагает использование дополнительных критериев оценки и выбора проектов,
- ориентация инновационных проектов на долгосрочные;
- длительность решения многих научно-технических проблем вследствие их сложности и недостаточной определенности;
- наличие надежной базы прогнозирования;
- возможность инвестирования значительных объемов финансовых ресурсов;
- необходимость вовлечения уникальных ресурсов;
- малая инерционность проектов на этапе НИОКР;
- высокая вероятность получения в рамках проектов неожиданных, но представляющих самостоятельную коммерческую ценность промежуточных или конечных результатов.

Рассмотрим инновационный проект по фазам жизненного цикла: от момента зарождения идеи до момента морального ее старения (или утилизации) – для инновационного продукта, который был инновационным в некоторый момент t_0 . Выделим следующие фазы:

- 1) формирование цели инновации;
- 2) генерирование и оценка инновационной идеи;
- 3) научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки;
- 4) реализация инновации (первые четыре фазы соответствуют первой фазе жизненного цикла продукции, т.е. зарождению);
- 5) выведение инновационного объекта на рынок (соответствует второй фазе жизненного цикла продукции (ЖЦП), т.е. росту);
- 6) упреждение позиций на рынке (соответствует третьей фазе ЖЦП – зрелости);
- 7) массовое удовлетворение потребности (соответствует четвертой фазе ЖЦП – насыщению рынка);

8) моральное старение инновационного продукта (соответствует пятой фазе ЖЦП – упадок).

По мере развития жизненного цикла происходит динамика финансовых показателей Φ , (доходы, расходы, эффективность), показателей неопределенности цели/результата $N(J_i)$ и риска $R(J_i)$ внедрения J_i -го инновационного проекта. Динамика этих показателей (в разрезе каждой фазы жизненного цикла) представлена на рис. 3.1.17. Выделяется тот факт, что практически на каждой k -й фазе жизненного цикла ($k = 1, \bar{k}$; $\bar{k}$ – количество фаз жизненного цикла инновационного проекта) i -й инновации может появиться целый ряд новых инноваций, определяемых как вспомогательные или обеспечивающие внедрение i -й инновации. Таким образом, если на каждой k -й фазе жизненного цикла внедрения i -й инновации появляется Q_{ik} инноваций ($q_{ik} = 1, Q_{ik}$), то внедрение i -й инновации порождает $\bar{Q}_i$ инновационных процессов, количество которых определяется следующим образом: $\bar{Q}_i = \sum_{k=1}^{\bar{k}} Q_{ik}$.

В свою очередь каждая q_{ik} -ая инновация может вызвать необходимость появления еще целого ряда инновационных процессов в разрезе каждой фазы жизненного цикла и т.д. В этом случае процесс практически становится неуправляемым, поскольку таким образом может быть получено бесконечно большое количество инновационных процессов. Поэтому рассматривается лишь две ступени этого процесса, т.е. внедрение основной J_i -ой инновации и совокупность ее обеспечивающих, $\{\bar{Q}_i\}$.

Каждая инновация должна обладать рядом характеристик, которые позволили бы не только оценить ее эффективность, но и управлять инновационным проектом по фазам его жизненного цикла (рис. 3.1.17). Каждая i -ая фаза имеет свой временной период Δt_i жизни.

Формирование каждой инновационной идеи связано с результатами проведения маркетинговых исследований на некоторый прогнозируемый период времени появления и спада потребности.

На основании маркетинговых исследований предприятие получает прогнозируемое значение временных периодов для 5, 6, 7 и 8-й фаз.

При этом граничные условия каждой из выделенных фаз представляют собой вероятностные значения, как правило, с нормальным законом распределения. На рис. 3.1.18 приведен пример возможных распределений отклонений прогнозируемых граничных условий стыковки фаз жизненного цикла.

Для реализации сформировавшейся идеи в заданный период времени, предприятию необходимо иметь экономико-математические методы и модели управления этим процессом по критерию максимально получаемого эффекта.

Поскольку любой инновационный проект, как правило, является проектом инвестиционным, то он требует учета различного рода факторов, которые могут оказать влияние на экономические показатели. Факторы и соответствующие условия удобно анализировать в рамках нормативных моделей оценки проектов. При использовании подобных моделей оценки целесообразности инновационного проекта базируются на оценке его вклада в прибыльность предприятия. Поскольку в этих методах невозможно свести все условия и факторы, которые характеризуют исходные параметры проекта и параметры его реализации, в разрабатываемые модели и методы должна быть введена многофакторность, отражающая влияние всех параметров проекта на его динамику.

В качестве критериев оценки можно использовать следующие критерии:

- финансово-экономические;
- нормативные;
- обеспеченности ресурсами;
- соответствия факторам успеха;
- стратегические.

К финансово-экономическим критериям относятся:

- стоимость проекта и источники финансирования;
- чистая текущая стоимость (NVP – Net Present Value);
- рентабельность (отдача капитальных вложений) [9];
- внутренний коэффициент эффективности (IRR – Internal Rate of Return) [9];
- период возврата капитальных вложений.

При использовании нескольких инновационных проектов необходимо вводить оценку воздействия реализации той или иной фазы на другие проекты в портфеле предприятия.

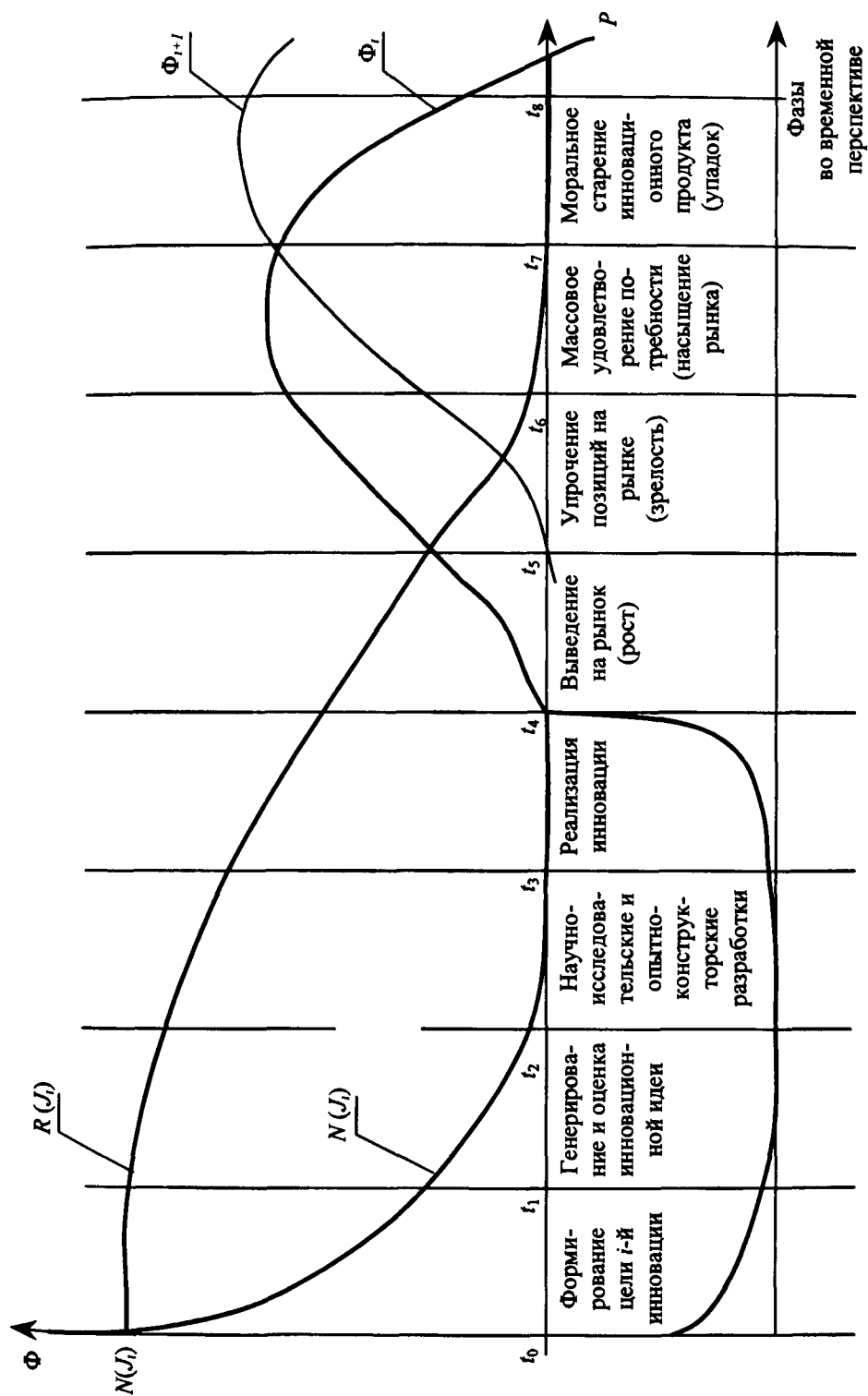


Рис. 3.1.17. Динамика финансовых результатов показателей неопределенности цели результата и риска внедрения инновационного проекта: $R(J_i)$ – риск разработки и внедрения i -й инновационной идеи; $N(J_i)$ – неопределенности i -й инновационной идеи

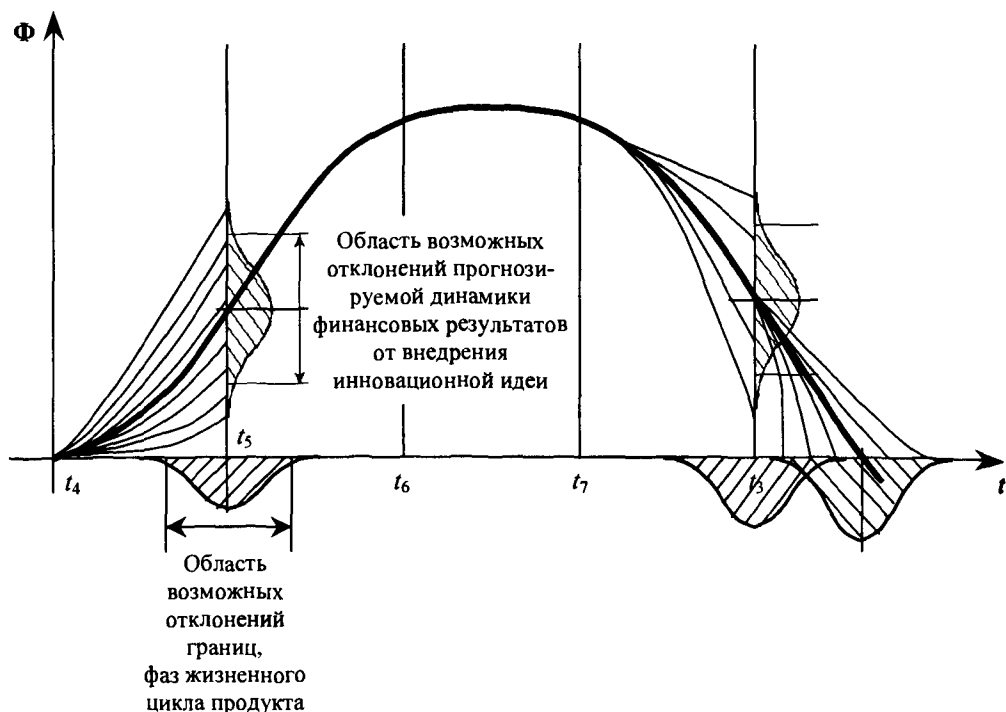


Рис. 3.1.18. Пример возможных распределений отклонений прогнозируемых граничных условий стыковки фаз жизненного цикла продукта

Реализация любого инновационного проекта требует затрат на НИОКР и капитальных вложений в основные фонды и оборотные средства, соотношения которых определяются НИР-мультипликатором (НМ):

$$НМ = \frac{З_{\text{нио}}}{К_{\text{пр и о}}},$$

где $З_{\text{нио}}$ – затраты на разработку инновационного объекта; $К_{\text{пр и о}}$ – капитальные вложения для производства и реализации инновационного объекта

Также необходимо учитывать неопределенность будущих доходов, затрат, а также сроков осуществления отдельных фаз жизненного цикла инновационного проекта.

К нормативным критериям относят:

- требования стандартов, конвенций и т.д.;
- правовые критерии;
- экологические требования;
- патентоспособность и другие условия соблюдения прав интеллектуальной собственности.

Ресурсные критерии определяют возможности осуществления инновационного проекта. При этом могут рассматриваться различные группы ресурсов:

- научно-технические ресурсы;
- производственные ресурсы;
- технологические альтернативы (рассматривают и оценивают существующие конкурирующие технологии; если существуют, то необходимо проведение анализа сравнительной эффективности альтернатив);
- финансовые ресурсы.

В критериях соответствия факторам успеха рассматривают следующие направления

1. Ориентация на факторы успеха и вероятность эффективного нововведения.

Поскольку любой инновационный проект (как и любая сфера бизнеса) содержит определенную степень риска, то проект может завершиться неудачей, то есть оказаться нереализованным, неэффективным или менее эффективным, чем намечалось. Причины неудачи проекта могут носить внешний характер (неадекватная реакция рынка, успешные действия

конкурентов и др.) или иметь внутреннюю природу (ошибки при определении исходных характеристик проекта в ходе его оценки и отбора или в процессе реализации).

Вероятность успеха проекта связывается с уверенностью в собственно научно-технических результатах разработки (достигнутые характеристики продукта или процесса) и в рыночном (коммерческом) успехе продукта. Само научно-техническое достижение не гарантирует успеха на рынке, который также зависит от эффективности маркетинговой деятельности, конкурентных позиций фирмы и др.

2. Масштабность и стоимость проекта.

Одним из факторов риска является масштабность (размеры) предполагаемого проекта. Степень риска больше у крупных, дорогих и долгосрочных проектов. Также следует отметить, что в разных отраслях зависимость между размером, сложностью проекта и вероятностью его успеха может оказаться неодинаковой.

3. Факторы успеха инновационных проектов.

Для успеха инновационного проекта важное значение могут иметь следующие факторы:

- соответствие проекта стратегическим задачам предприятия;
- четкая рыночная ориентация проекта;
- преодоление информационных барьеров, существующих в сферах НИОКР и нововведений;
- оценка и отбор проектов;
- достаточность средств для проведения НИОКР;
- тип инновационного проекта;
- эффективность управления проектом.

В стратегических критериях рассматривают показатели, определяющие соответствие проекта корпоративной и инновационной стратегии предприятия; адекватность степени риска принятым на предприятии контрольным характеристикам; соответствие сроков достижения поставленных целей предприятия; соответствие политическим и социальным условиям; перспективные возможности развития выбранного научно-технического направления и его воздействие на характер конкуренции. Несоответствие проекта хотя бы одному из стратегических критериев, как правило, делает проект неприемлемым для предприятия.

Таким образом, оценка и отбор инновационного проекта могут базироваться на различных методиках и ориентироваться на различные критерии.

Основные направления реструктуризации предприятий. Реструктуризация предприятий осуществляется для решения различных задач, основной целью которых может являться:

- повышение конкурентоспособности предприятия;
- снижение издержек,
- качественное улучшение бизнес-процессов предприятия (ПСС);
- повышение эффективности функционирования всех производственно-хозяйственных подразделений предприятия (ПСС) на долгосрочную перспективу.

Под бизнес-процессом понимается вся совокупность элементов какого-либо потока, выходом которого является получение потребителем продукции в соответствии с его требованиями [5].

Процесс реструктуризации подразумевает последовательную реализацию следующих основных этапов:

- логистико-ориентированный анализ всех направлений производственно-хозяйственной деятельности предприятия с точки зрения реализации его стратегической цели;
- выбор и обоснование стратегии развития предприятия (ПСС);
- формирование плана (алгоритма) реализации стратегии предприятия (ПСС);
- реализация выбранной стратегии развития предприятия (ПСС).

Говоря о реструктуризации предприятия, следует иметь в виду несколько модификаций этого понятия:

- улучшение бизнес-процессов;
- перестройка бизнес-процессов;
- реинжиниринг бизнес-процессов.

Основным отличием этих модификаций является различие подходов к процессу реструктуризации по степени вносимых изменений в деятельность предприятия (ПСС).

Улучшение бизнес-процессов – наиболее простой вид. Обеспечивает наиболее низкий уровень вложения в процесс изменений и требует небольших затрат времени и сил, подразумевая лишь улучшение существующих на предприятии бизнес-процессов. Соответственно и изменения не носят революционный характер и обеспечивают минимальный риск инвестора в случае неудач при реформировании. Этот вид целесообразно применять в случае оптимизации деятельности, снижении издержек на выпуск продукции. Здесь речь

должна идти о технических, организационных или управленческих инновациях.

Перестройка бизнес-процессов. В случае применения этого вида реструктуризации происходит выявление избыточных и малоэффективных процессов и разрабатывается программа по освобождению от них. Однако новые решения используются только в том случае, если они хорошо вписываются в существующую организацию бизнеса предприятия. Этот вид реструктуризации целесообразно применять в случае отсутствия наиболее эффективных путей реорганизации деятельности предприятия.

Реинжиниринг бизнес-процессов. Данный вид носит наиболее революционный характер, подразумевающий изменения в существующих технологиях и организационных структурах. Этот путь, как правило, используется в критических ситуациях и от быстроты проведения этого процесса зависит дальнейшая судьба предприятия. Применяются радикальные меры. Необходим большой объем затрат. Риск вложений самый высокий. Здесь используются как технические, так и рыночные инновации.

Процесс реструктуризации также можно представить функциональной схемой, изображенной на рис. 3.1.19.

Для эффективного проведения процесса реструктуризации предприятие должно иметь полный набор возможных для внедрения стратегий. При этом наиболее сложным и актуальным на сегодняшний день является процесс выбора и управления теми стратегиями, которые имеют инновационные элементы.

Рассматриваются инновационные стратегии и, следовательно, инновационные проекты реструктуризации.

Инновационный проект – это эшелонированная во времени совокупность мероприятий, направленных на существенное обновление отдельных компонент производства, реализации и потребления продукции.

Инновационная стратегия – это обобщенная модель действий, необходимых для достижения поставленных целей путем существенного обновления отдельных компонент производства, реализации и потребления продукции. Инновационная стратегия (как и стратегия в целом) предприятия формируется на неопределенный срок, который зависит от развития внешней и внутренней среды.

По содержанию инновационная стратегия должна охватывать инновационные решения в области структуры и объемов производ-

ства, поведения ПСС (предприятия) на рынках товаров и факторов, стратегические аспекты внутреннего управления и т.п.

Выделяются девять направлений (групп) инновационных стратегий.

1. Товарная инновационная стратегия (ИС) – совокупность инновационных стратегических решений, определяющих номенклатуру, объем и качество выпускаемой продукции.

2. Рыночная ИС – совокупность инновационных стратегических решений, определяющих способы поведения предприятия на товарном рынке.

3. Ресурсная ИС – совокупность инновационных стратегических решений, определяющих методику управления ресурсами предприятия.

4. ИС на рынке ресурсов – совокупность инновационных стратегических решений, определяющих поведение предприятия на рынке производственно-финансовых ресурсов.

5. Технологи́ческая ИС – инновационные стратегические решения, определяющие динамику развития технологии предприятия.

6. Интеграционная ИС – совокупность инновационных решений, определяющих структуру и организацию функционально-управленческого взаимодействия предприятия (ПСС) с другими предприятиями (ПСС)

7. Инвестиционно-финансовая ИС – совокупность инновационных решений, определяющих способы привлечения, накопления и расходования финансовых ресурсов.

8. Социальная ИС – совокупность инновационных решений, определяющих тип и структуру коллектива работников предприятия, а также характер взаимодействия с его акционерами

9. ИС управления – совокупность инновационных решений, определяющих характер управления предприятием (ПСС) при реализации выбранной инновационной стратегии

Классификация основных видов инновационной деятельности предприятий. Базируясь на преобладающем в литературе определении понятия "инновация", как создание нового, в котором реализуется представленная идея [8, 12], рассматриваются 2 группы инноваций: первая группа – объектоориентированные инновации – представляют собой всю совокупность новых решений в области продукции и услуг, которые необходимы потребителю на рынке в данный момент времени; вторая груп-

па – процессоориентированные инновации – представляют собой всю совокупность новых решений в области организационно-технологического процесса производства того или

ного вида продукции или услуги. Объектоориентированные и процессоориентированные инновации рассматриваются в разрезе трех уровней.

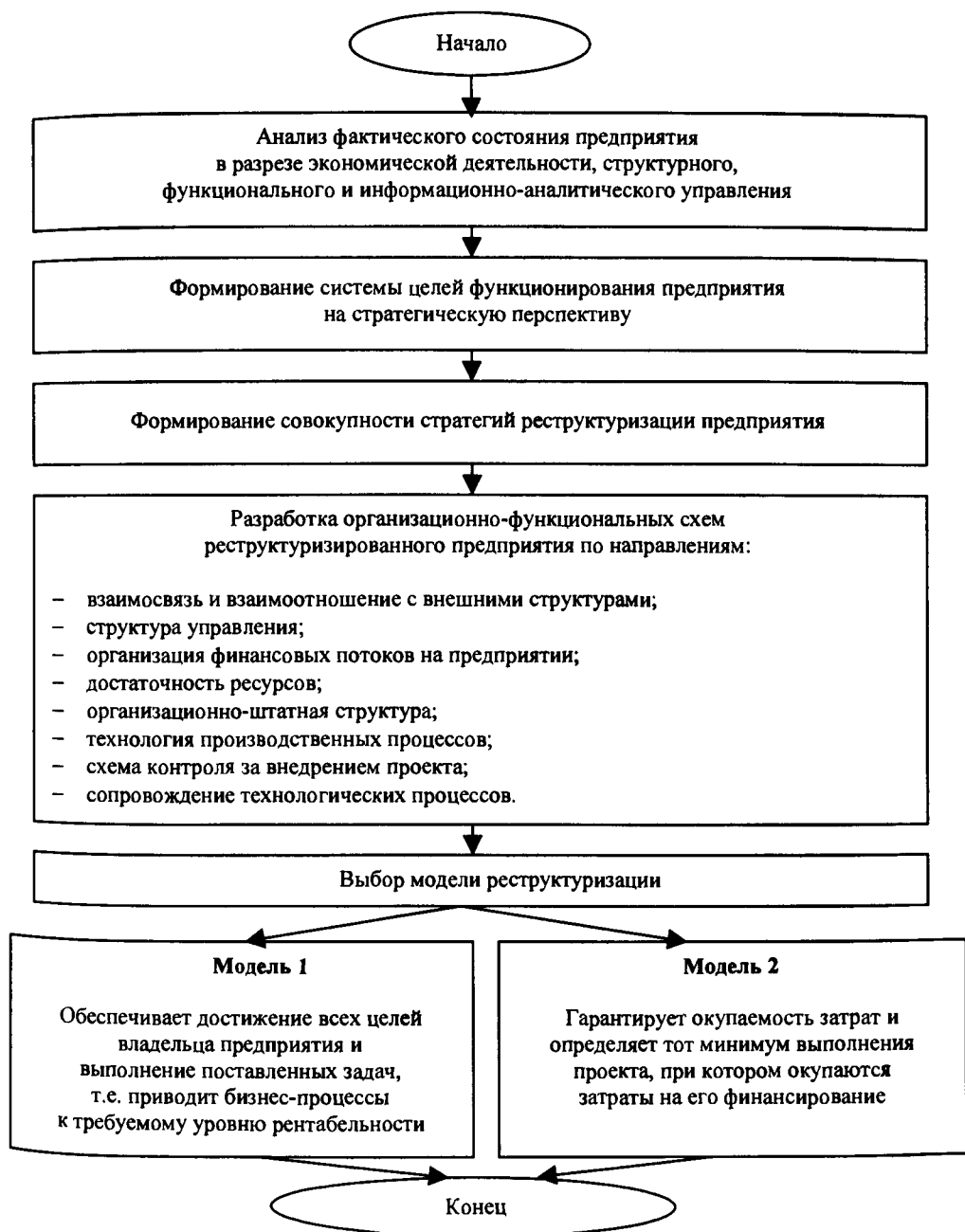


Рис. 3.1.19. Функциональная схема процесса реструктуризации

Под инновацией I уровня понимается качественный скачок в существующих представлениях, т.е. такой род творчества, который приводит к появлению совершенно новой, революционной технологии или продукта; инновация II уровня – новый поворот в использовании уже известной идеи; инновация III уровня – объединение уже существующих продуктов, технологий или процессов для создания инструмента, приспособленного к каким-то конкретным ситуациям.

Каждая группа инноваций делится в свою очередь на классы, которые характеризуют инновацию по составу, структуре и предметной области. Моноинновация представляет собой отдельную инновацию в разрезе основных сфер деятельности (технической, технологической, организационной, экономической, маркетинговой и т.д.) на конкретный период времени. Мультиинновация представляет собой комплексную инновацию, состоящую из ряда моноинноваций и требующая при внедрении многопроектного управления. Мегаинновация представляет собой целевую инновацию, разрабатываемую для конкретно заданного объекта или региона, и включающую в свой состав ряд моно- и мультиинноваций.

Каждый класс инноваций делится в свою очередь на типы инноваций, которые определяются основными сферами деятельности. Здесь выделяются типы инноваций: социальные, экономические, организационные, технические, финансовые, управленческие и т.д.

Типы инноваций подразделяются на виды инноваций, выделение которых осуществляется в соответствии с прогнозируемой длительностью жизненного цикла инновационного объекта. Здесь выделяются: краткосрочные инновации, длительность жизненного цикла (ДЖЦ) которых не превышает 1-2 лет; среднесрочные инновации, ДЖЦ которых находится в пределах от 3 до 5 лет; долгосрочные инновации, ДЖЦ которых превышает 5 лет. На рис. 3.1.20 приведена разработанная классификация инноваций.

Управление инновационными процессами в рыночной среде.

Система оценки эффективности инновационных стратегий. Внедрение инновационных стратегий связано с достаточно большими объемами инвестиций. Согласно экономической теории рентабельность работы предприятия (ПСС) пропорциональна сделанным капитальным вложениям.

При этом, учитывая уникальность процесса инвестирования в инновационную объектно-ориентированную и процессно-ориентированную деятельность предприятия (ПСС), следует отметить, что утверждение о пропорциональности рентабельности сделанным капитальным вложениям не верно.

В силу специфики динамики инновационного проекта и невозможности точного определения вероятности характеристик каждой фазы его жизненного цикла систему оценки эффективности инновационных стратегий рассматривают в динамике итеративного возвратно-поступательного режима проектирования и расчета во временной перспективе каждой фазы жизненного цикла проекта.

В момент времени t_0 формирования цели i -й инновации предприятия (ПСС) рассчитывается прогнозируемое значение рентабельности инновационно-инвестиционного проекта:

$$R_i|_{t=t_0} = \frac{\int_{t_4}^{t_8} \frac{CF_i^0(t)}{(1+k(t))^t} dt}{\int_{t_0}^{t_4} \frac{I_i^0(t)}{(1+k(t))^t} dt},$$

где $CF_i^0(t)$ – прогнозируемая функция денежных поступлений в период времени с момента времени t_4 – начала фазы выведения инновации на рынок и до момента времени t_8 – окончания фазы морального старения инновационного продукта; $I_i^0(t)$ – прогнозируемая функция инвестиций в период времени с момента времени t_0 – начала фазы формирования цели i -й инновации до момента времени t_4 – окончания фазы реализации инновации; $k(t)$ – функция изменений коэффициента дисконтирования в рассматриваемый период времени.

Рассматривается также вероятность получения $R_i|_{t=t_0}$ значения рентабельности $P(R_i|_{t=t_0})$.

Кроме этого рассчитывается прогнозируемый эффект Ξ от деятельности предприятия (ПСС) при внедрении инновационной стратегии, то есть соотношение затрат и результатов функционирования системы:

$$\Xi|_{t=t_1} = P|_{t=t_1} - S|_{t=t_1};$$

где $P|_{t=t_0}$ – прогнозируемая на момент времени t_0 стоимостная оценка результатов производственно-хозяйственной деятельности за период времени $T_{8-4} = t_8 - t_4$ действия рассматриваемой инновационной стратегии; $S|_{t=t_0}$ – прогнозируемые на момент времени t_0 затраты на производственно-хозяйственную

деятельность предприятия (ПСС) за тот же период времени T_{8-4} .

По факту окончания первой фазы, т.е. через период времени $T_{1-0} = t_1 - t_0$ вновь рассчитывается прогнозируемое значение рентабельности инновационно-инвестиционного проекта; при этом данные за период времени T_{1-0} вносятся фактические, т.е.:

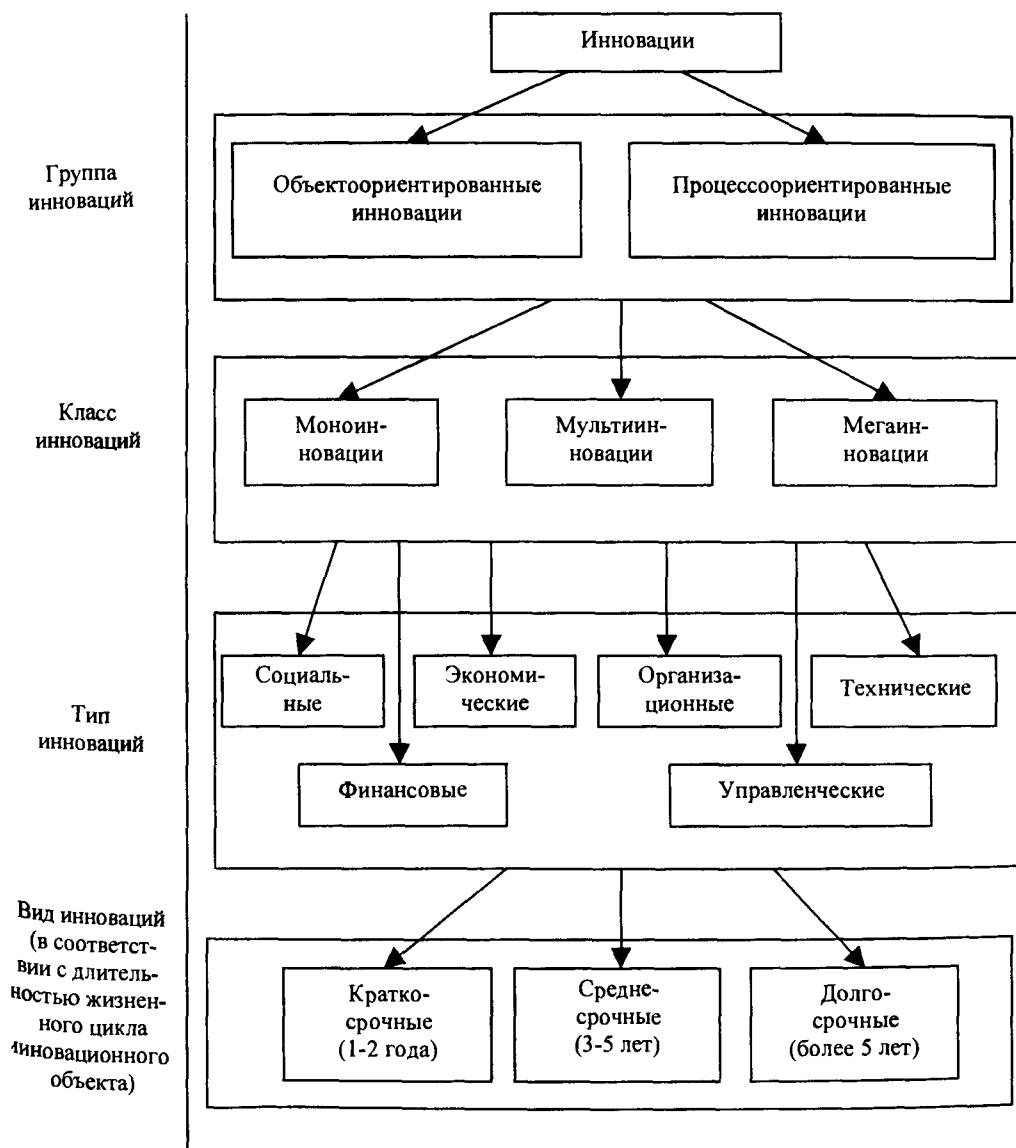


Рис. 3.1.20. Классификация инноваций

$$R_I \Big|_{t=t_1} = \frac{\int_{t_4}^{t_8} \frac{CF_t^1(t)}{(1+k(t))'} dt}{I_{1-0} - \int_{t_1}^{t_4} \frac{I_t^1(t)}{(1+k(t))'} dt},$$

где $CF_t^1(t)$ – прогнозируемая в момент времени $t = t_1$ функция денежных поступлений на период времени T_{8-4} ; I_{1-0} – фактическое значение инвестиций в период времени T_{1-0} ; $I_t^1(t)$ – прогнозируемая в момент времени функция инвестиций в период времени T_{4-1} .

Рассчитывается также уточненная вероятность получения значения рентабельности

$P(R_I|_{t=t_1})$ и прогнозируемый эффект

$\Theta|_{t=t_1} = P|_{t=t_1} - S|_{t=t_1}$, где $P|_{t=t_1}$ – прогно-

зируемая на момент времени стоимостная оценка результатов производственно-хозяйственной деятельности за период времени T_{8-4} действия рассматриваемой инновационной стратегии; $S|_{t=t_1}$ – прогнозируемые на момент времени t_1 затраты на производственно-хозяйственную деятельность предприятия (ПСС) за тот же период времени T_{8-4} .

В реальной ситуации граничные точки (моменты времени) фаз являются вероятностными величинами. Поэтому необходимо рассматривать влияние их динамики на показатели рентабельности и эффекта.

На следующем этапе определяются отклонения рассчитанных величин от их планово-прогнозируемых значений.

На следующем этапе осуществляется контроль на допустимость полученных отклонений заданным.

Аналогичный алгоритм анализа и контроля за развитием процесса разработки и внедрения инновационной стратегии осуществляется по окончании каждой из первых четырех фаз жизненного цикла инновационного объекта.

Обобщенные формулы, позволяющие анализировать любую из отдельно взятых первых четырех фаз жизненного цикла инновационного объекта представляются следующим образом.

1. Определение прогнозируемого значения рентабельности инвестиций $R_I|_{t=t_j}$ на

j -й фазе жизненного цикла инновационного объекта; $j = \overline{0, 4}$; при $j = 4$:

$$R_I \Big|_{t=t_j} = \frac{\int_{t_4}^{t_8} \frac{CF_t^j(t)}{(1+k(t))'} dt}{I_j \theta(j) + \int_{t_1}^{t_4} \frac{I_t^j(t)}{(1+k(t))'} dt},$$

$$j = \overline{0, 4},$$

где $\theta(j)$ – функция включения (если $j \leq 0$, то $\theta(j) = 0$; если $j > 0$, то $\theta(j) = 1$).

2. Определение прогнозируемого значения эффекта от деятельности предприятия (ПСС)

$$\Theta|_{t=t_j} = P|_{t=t_j} - S|_{t=t_j}; \quad j = \overline{0, 8}.$$

При $j = 8$ предприятие (ПСС) получает фактическое значение эффекта производственно-хозяйственной деятельности от внедрения инновационной стратегии.

Для последних четырех фаз выражение для определения значения рентабельности инвестиций принимает следующее выражение:

$$R_I \Big|_{t=t_j} = \frac{CF_{(j-4)} \theta(j-4) + \int_{t_4}^{t_8} \frac{CF_t^j(t)}{(1+k(t))'} dt}{I_\Sigma};$$

$$j = \overline{4, 8},$$

где I_Σ – величина суммарных инвестиций за первые четыре фазы жизненного цикла внедрения инновационного объекта (или стратегии); $\theta(j-4)$ – функция включения.

Изложенная последовательность контрольных алгоритмов является базой системы оценки эффективности инновационных стратегий, которая, в свою очередь, контролирует правильность функционирования другой системы, представляющей эшелонированную последовательность фаз жизненного цикла инновационного объекта. Эта система состоит из комплекса последовательных процессов и процессов влияния динамики внешней структуры, а также связей между ними.

Последовательная совокупность изложенных контрольных алгоритмов по обеспечению целенаправленного функционирования системы фаз жизненного цикла инновационного объекта по достижению предприятием (ПСС) поставленной цели представляет собой систему оценки эффективности инновационных стратегий.

Экономико-математическая модель системы управления инновационными процессами на предприятии. Система управления инновационными процессами на предприятии (ПСС) должна охватывать всю совокупность контрольно-аналитических и производственных процедур во всех функциональных областях его деятельности с момента возникновения и до момента морального старения инновационной идеи. Экономико-математическая модель (ЭММ) должна обеспечить стабильность процесса управления (при необходимости и процесса регулирования) при реализации предприятием инновационной идеи.

Формирование инновационной идеи может являться процессом как целенаправленным, так и стохастическим.

В случае целенаправленного формирования инновационной идеи предприятие (ПСС) имеет затраты S_0 , которые представляются двумя составляющими:

$$S_0 = S_{\text{ом}} + S_{\text{онир}},$$

где $S_{\text{ом}}$ — затраты на проведение маркетинговых исследований по выявлению существующей потребности на рынке; $S_{\text{онир}}$ — затраты на проведение научно-исследовательских работ по формированию совокупности инновационных идей, способных удовлетворить существующую потребность.

В случае стохастического формирования инновационной идеи затраты S_0 представляют собой долю плановых затрат в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки. В этом случае считается, что инновационная идея появляется как сопутствующая каким-либо проводимым разработкам. Таким образом, к моменту t_0 предприятие (ПСС) имеет затраты S_0 на процесс разработки, внедрения реализации инновационной идеи.

Момент времени t_0 является начальной точкой отсчета всех процессов реализации инновационной стратегии.

В период времени $T_{1-0} = t_1 - t_0$ происходит формирование цели выбранной i -й инновационной идеи.

Для этого вначале формируется совокупность инновационных идей в соответствии с существующей потребностью на рынке. Для каждой i -й инновационной идеи прогнозируются границы фаз жизненного цикла соответствующего инновационного объекта.

На следующем этапе производится формирование совокупности инновационных идей по критерию выполнения временных характеристик. Для этого для каждой инновационной идеи i , которая потенциально может удовлетворить существующую потребность на рынке, проводится базовое прогнозирование возможных моментов времени выхода на рынок продукта, соответствующего данной инновационной идее, и морального его старения. Определяются расхождения

$$\Delta t_{4\text{иф}} = t_{4\text{иф}} - \xi_{4\text{иф}} \quad \text{и} \quad \Delta t_{8\text{иф}} = t_{8\text{иф}} - \xi_{8\text{иф}},$$

где $t_{4\text{иф}}$, $t_{8\text{иф}}$ — прогнозируемые на основе анализа технологических возможностей предприятия моменты времени соответственно выхода i -го инновационного объекта на рынок и его морального старения для φ -й потребности рынка; $\xi_{4\text{иф}}$, $\xi_{8\text{иф}}$ — прогнозируемые на основе проведенных маркетинговых исследований моменты времени соответственно появления φ -й потребности на рынке и ее морального старения, удовлетворению которой соответствует i -й инновационный объект; $i = 1, n_1$; n_1 — количество инновационных идей (объектов), для которых $\Delta t_{4\text{иф}}$ и $\Delta t_{8\text{иф}}$ являются допустимыми отклонениями.

Затем для каждой выбранной i -й инновационной идеи (объекта) решается задача по формированию оптимальной производственной программы в разрезе каждого момента времени. В качестве целевой функции принимается получаемая прибыль предприятия (ПСС) в период выведения инновационного объекта на рынок до его морального старения (практически, речь идет о прогнозе прибыли). В этом случае необходимо определить функцию $N_j(t)$, максимизирующую целевую функцию прибыли:

$$Z_i = \sum_{j=1}^m \int_{t_4}^{t_8} [\Pi_{ij}(t) N_{ij}(t) - \Delta \Pi_{ij}(t) N_{ij}(t)] dt - \\ - \sum_{j=1}^m \int_{t_4}^{t_8} [C_{ij}(t) N_{ij}(t) - \Delta C_{ij}(t) N_{ij}(t)] dt \rightarrow \max$$

при наличии следующей системы ограничений:

$$\sum_{j=1}^m \alpha_{ijk} N_{ij}(t) \leq M_k; \quad k = \overline{1, K};$$

$$N_{ij}^{\min}(t) \leq N_{ij}(t) \leq N_{ij}^{\max}(t),$$

где $N_{ij}(t)$ – прогнозируемая функция производства (считается, что производится такое количество продукции в некоторый период времени, которое и продается) в соответствии с i -й инновационной идеей для j -го вида комплектности (или ассортимента); $\Pi_{ij}(t)$ – прогнозируемая функция цены продукции j -го вида в соответствии с i -ой инновационной идеей; $C_{ij}(t)$ – прогнозируемая функция себестоимости производства продукции j -го вида в соответствии с i -й инновационной идеей; $\Delta \Pi_{ij}(t)$, $\Delta C_{ij}(t)$ – прогнозируемые функции изменения соответственно цены и себестоимости производства продукции j -го вида в соответствии с i -й инновационной идеей; α_{ijk} – расход k -го вида ресурса на производство j -го вида продукции в соответствии с i -й инновационной идеей; $k = \overline{1, K}$; K – общее количество видов имеющихся ресурсов; M_k – общее имеющееся количество ресурса вида k ; $N_{ij}^{\min}(t)$ – прогнозируемая функция минимальных объемов производства j -го вида продукции в соответствии с i -й инновационной идеей; $N_{ij}^{\max}(t)$ – функция прогнозируемых объемов потребления j -го вида продукции для i -й инновационной идеи.

После определения совокупности $N_{ij}(t)$ формируется план производства $N_{ij}^{\text{план}}(t)$ после контроля на допустимость отклонений прогнозируемых и планируемых величин:

$$\Delta N_{ij}(t) \leq \Delta N_{ij}^{\text{доп}}(t);$$

$$\Delta N_{ij}(t) = N_{ij}^{\text{прогн}}(t) - N_{ij}^{\text{план}},$$

где $N_{ij}^{\text{доп}}(t)$ – функция допустимых отклонений планируемых объемов сбыта от прогнозируемых для j -го вида продукции в соответствии с i -й инновационной идеей.

В момент определения отклонений рассчитываются возможные потери предприятия (ПСС) за счет неудовлетворения потребительского спроса:

$$\Delta R_i(T_{8-4}) = \sum_{j=1}^m \Pi_{ij}(t) \Delta N_{ij}(t) - \\ - \sum_{j=1}^m C_{ij}(t) \Delta N_{ij}(t).$$

Величина потерь $\Delta R_i(T_{8-4})$ является базовой величиной при формировании планируемых значений $N_{ij}^{\text{план}}(t)$. Сформированная совокупность значений $N_{ij}^{\text{план}}(t)$ является основой

для выбора инновационных стратегий. При этом следует говорить о нескольких выбранных стратегиях, поскольку при разных фазах движения жизненного цикла инновационного объекта (идеи) может происходить смена инновационной стратегии. Основным критерием при выборе инновационной стратегии является показатель рентабельности инновационно-инвестиционного проекта и лишь затем рассчитывается значение эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятия (ПСС) после внедрения инновационной идеи.

Описанный алгоритм контрольно-аналитических и расчетных операций повторяется по окончании каждой фазы жизненного цикла инновационного объекта. При этом уточняются прогнозирующие функции в зависимости от получаемых отклонений контролируемых значений.

Экономико-математическая модель оптимального состава инновационных проектов на стадии стратегического планирования. Формирование оптимального состава инновационных проектов должно базироваться на целевой ориентации предприятия достижения конкурентных преимуществ.

Предприятия (ПСС) добиваются конкурентного преимущества, находя новые способы конкуренции в своей отрасли и выходя с ними на рынок, т.е. внедряют инновационные идеи и объекты. Инновации в широком смысле включают не только внедрение чего-то кардинально

нового, но и улучшение технологий, совершенствование способов и методов управления, организации производственно-хозяйственной деятельности.

Возможности появления новых способов конкуренции обычно проистекают из какого-либо "разрыва" или изменения в структуре отрасли.

К типичным причинам новаций, дающим конкурентное преимущество, относятся:

- новые технологии;
- новые или изменившиеся запросы покупателей;
- появление нового сегмента отрасли;
- изменение стоимости или наличия компонентов производства;
- изменение правительственного регулирования.

Наиболее быстро ориентирующиеся предприятия получают преимущество, первыми используют эффект масштаба, снижая издержки за счет интенсивного обучения персонала, создавая фирменный имидж и отношения к клиентам в то время, когда жесткой конкуренции еще нет, имея возможность выбирать каналы распространения или получая выгодное размещение производств и самые выгодные источники сырья и других факторов производства. Быстрая реакция на новую ситуацию может дать предприятию преимущества иного рода, которые, возможно, легче будет удерживать. Саму инновационную идею конкуренты могут скопировать, но преимущества, полученные благодаря ей, часто остаются за предприятием-новатором.

В процессе обновления большую роль играет информация: информация, которую конкуренты не ищут, недоступная им и доступная всем, но необработанная по-новому. Иногда ее получают, вкладывая деньги в исследование рынка или НИОКР. При этом формируют основные блоки (совокупности) данных, используемых при принятии стратегических инновационных решений, а, следовательно, и при выборе инновационной стратегии. В качестве основных совокупностей выделяются:

- оценки и мнения руководителей предприятий;
- сильные и слабые стороны предприятий;
- внешние факторы (благоприятные и неблагоприятные);
- особенности отраслевой деятельности;
- оценка конкурентов.

Наряду с традиционной системой информации возникает и развивается специфическая система "конкурентной информации", которая делает упор на поддержание конкурентных преимуществ и основывается на создании объединенной базы данных и механизмов, посредством которых важная информация может быть получена и обработана.

Источниками "конкурентной информации" являются:

- периодическая литература: техническая, производственная и т.д.;
- опросы особых групп заинтересованных лиц (акционеров, потребители и т.д.);
- опросы профессиональных ассоциаций;
- опрос руководителей организаций, имеющих связи с внешним окружением;
- формирование сетевых баз данных.

Часто инновации исходят от аутсайдеров в отрасли. Инновации могут возникнуть, когда предприятие расширяет сферу деятельности и привносит в новую отрасль новые ресурсы, навыки или перспективы. Источниками инноваций может служить другая страна с иными условиями или методами конкуренции.

Основным инструментом координации всех служб, занятых разработкой новых продуктов, становится ежегодный план, в котором определяется вся деятельность по созданию новшества и намечаются мероприятия по управлению основными фазами его разработки: исследованиями, анализом, оценкой и планированием. При этом предприятие стоит перед решением достаточно трудной задачи: формирование оптимального состава инновационных проектов на стадии стратегического планирования. ЭММ на функциональном уровне названной задачи представлена на рис. 3.1.21.

После разработки множества вариантов стратегического развития, наступает этап оценки последствий и возможностей их реализации, то есть каждая стратегия должна пройти ряд проверок. После чего все множество возможных стратегий разбивается на группы. В качестве методов анализа и отбора используются: метод матриц продукция/рынок; четырехклеточная матрица Портера и др. Принципиальная модель выбора стратегии представлена на рис. 3.1.22.

В рамках общей корпоративной инновационной стратегии выделяются ее составляющие:

- предпринимательская;
- производственная;
- маркетинговая;
- научно-техническая.

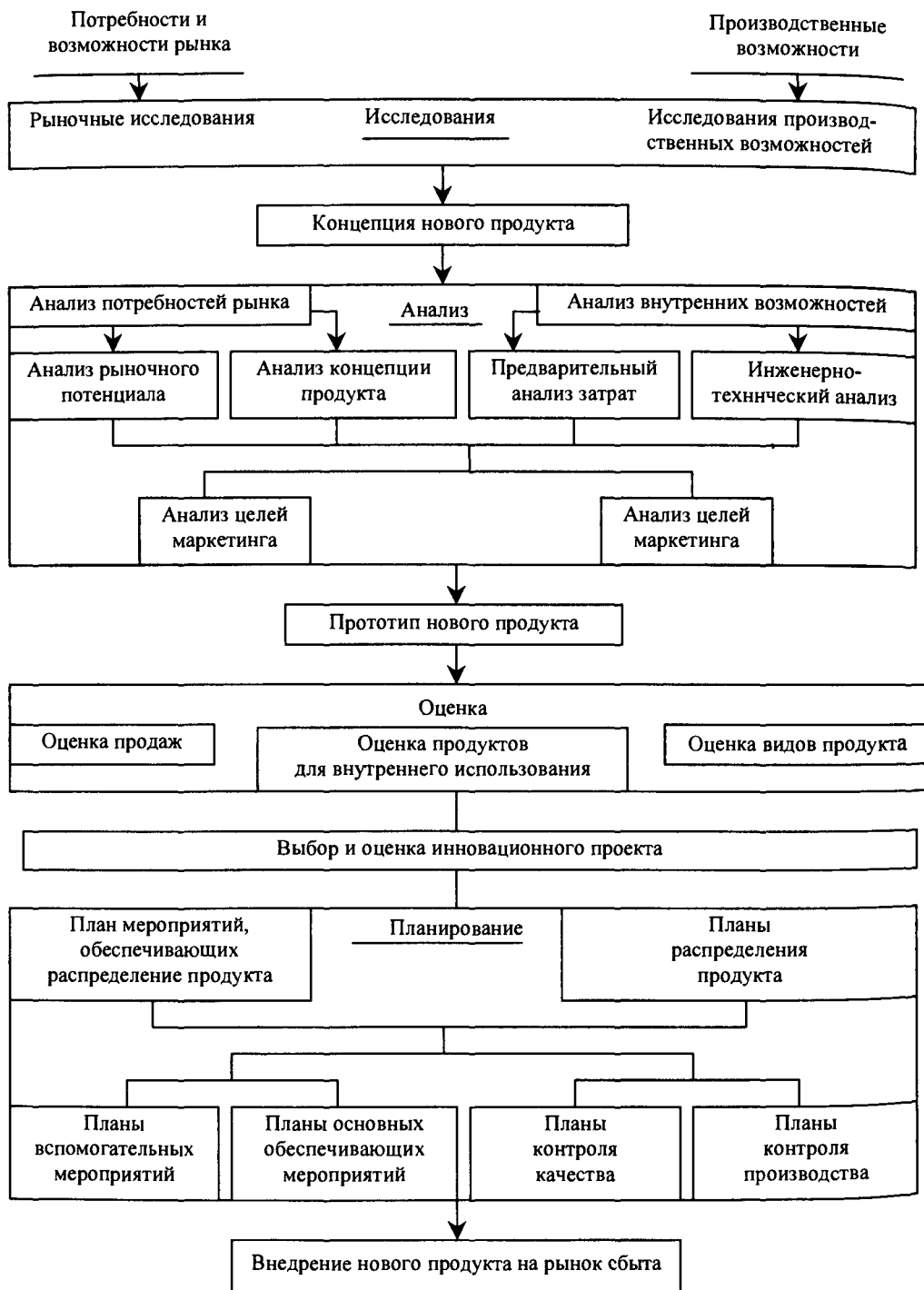


Рис. 3.1.21. Функциональная блок-схема ЭММ оптимального состава инновационных проектов на стадии стратегического планирования

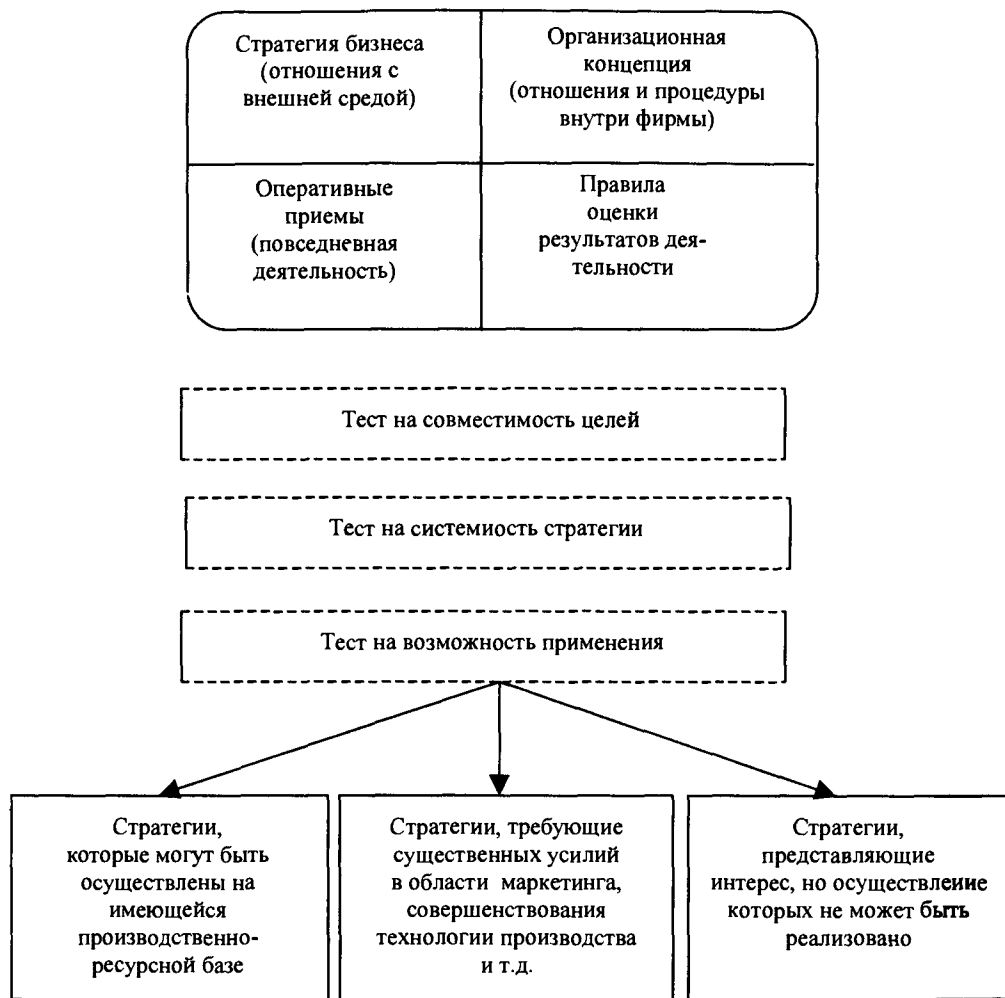


Рис. 3.1.22. Принципиальная модель выбора стратегии

Среди общих корпоративных инновационных стратегий выделяются три вида базовых стратегий, направленных на повышение конкурентоспособности. Под базовыми имеются в виду стратегии, обладающие универсальной применимостью или выведенные из некоторых базовых постулатов.

Базовые стратегии:

1. Лидерство в уменьшении издержек.
2. Дифференциация.
3. Фокусирование (особое внимание).

Современная международная конкуренция предъявляет к организации и управлению новые требования. Новые технологии произ-

водства определяют кардинальные изменения в отношениях между потребителем и производителем, восстанавливая связь между ними, утраченную в период массового производства. Технология и организация производства никогда не были столь важны с точки зрения стратегии. Без стратегического подхода к организации производства предприятие становится неконкурентоспособным.

К базовым производственным инновационным стратегиям относятся:

1. минимизация издержек;
2. дифференциации и расширение рынка;
3. реорганизации.

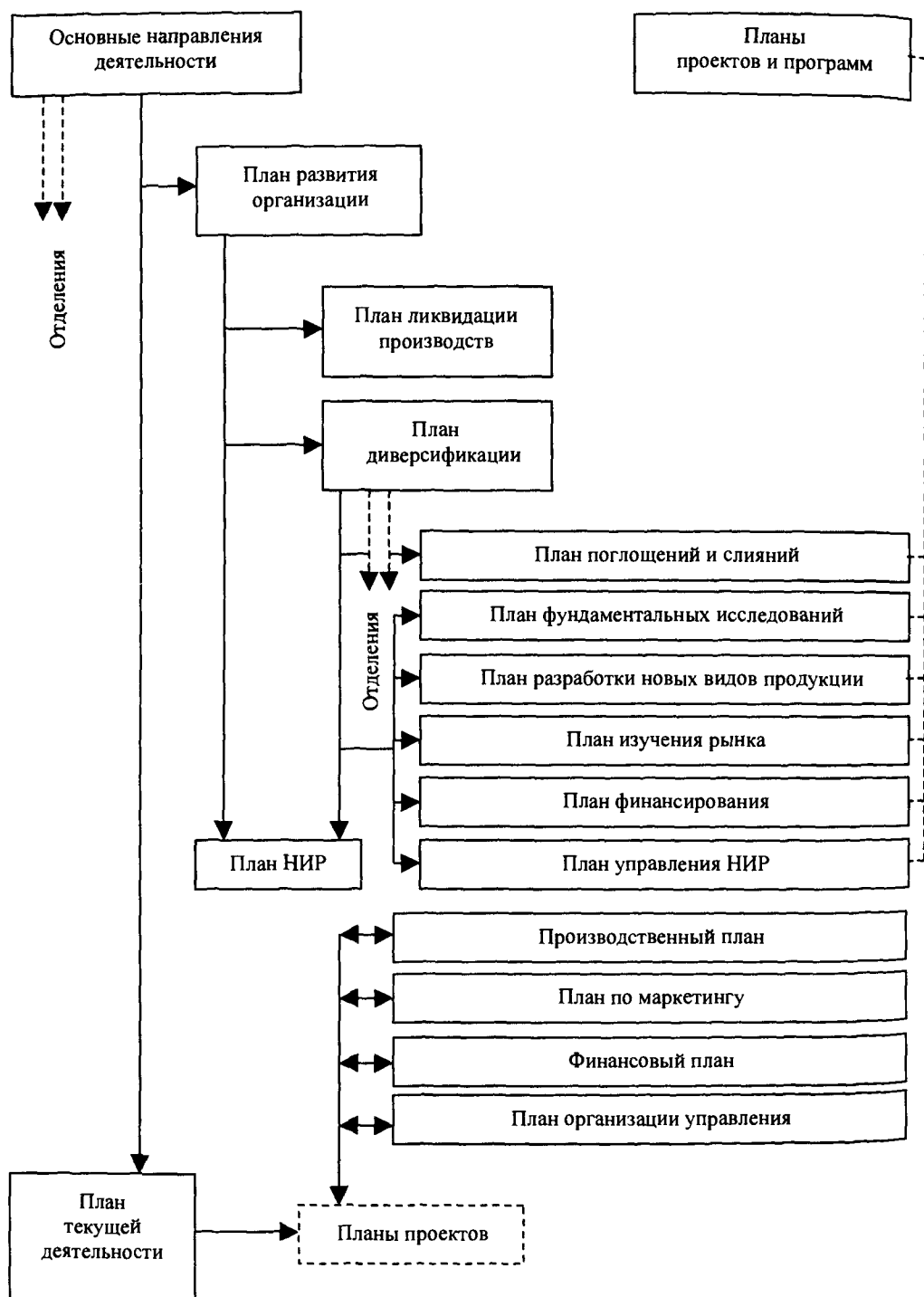


Рис. 3.1.23. Принципиальная схема системы планов выбранной стратегии

Поскольку важнейшим фактором успеха является научно-техническая база предприятия, то уникальные технические разработки или методы представляют самое сильное конкурентное преимущество. Особое значение приобретает быстрая передача технологии и интенсивность инновационного процесса. Инновационная стратегия в целом нередко складывается из различных направлений.

Стратегии НИР:

1. Финансирование собственных НИОКР.
2. Создание передовой информационной системы.
3. Поглощение передовых инновационных фирм.

Классификация инновационных стратегий по характеру:

1. Горизонтальное расширение.
2. Связанная диверсификация.
3. Несвязанная диверсификация.
4. Вертикальная интеграция.

Принципиальная схема системы планов выбранной инновационной стратегии представлена на рис. 3.1.23.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дитрих Я.** Проектирование и конструирование: системный подход / Пер. с польск. М.: Мир, 1981. 456 с.
2. **Инновационный процесс в странах развитого капитализма** / Под ред. И.Е. Рудаковой. М.: Изд-во МГУ, 1991. 144 с.
3. **Кондратьев Н.Д.** Проблемы экономической динамики. М.: Экономика, 1989. 526 с.
4. **Меньшиков С.М., Клименко Л.А.** Длинные волны в экономике. М.: Международные отношения, 1989. 272 с.
5. **Ойхманн Е.Г., Попов Э.В.** Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организации и информационные технологии. М.: Финансы и статистика, 1997. 336 с.
6. **Рейльян Я.Р.** Аналитическая основа принятия управленческих решений. М.: Финансы и статистика, 1989. 206 с.
7. **Саати Т., Кернс К.** Аналитическое планирование: организация систем / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
8. **Управление исследованиями и инновациями.** М.: Наука, 1993. 144 с.
9. **Хан Д.** Планирование и контроль: концепция контроллинга / Пер. с нем. М.: Финансы и статистика, 1997. 800 с.

10. **Шумпетер Й.** Теория экономического развития / Пер. с нем.; Под ред. А.Г. Милейковского. М.: Прогресс, 1982. 454 с.

11. **Эйерс Р.** Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование. М.: Мир, 1971. 295 с.

12. **Bierfelder W.** Innovationsmanagement: prozessorientierte Einfuhrung. Munchen; Wien: Oldenburg Verlag, 1994. P. 420.

13. **Madauss B.** Handbush Projektmanagement: mit Handlungsanleitung fur Industriebetriebe, Unternehmensberater und Behörden. Stuttgart: Poeschel Verlag, 1991. P. 454.

14. **Mensch G.** Gemischtwirtschaftliche Innovationspraxis. Göttingen, 1976. P. 285.

15. **Rinza P.** Projektmanagement: Planung, Überwachung und Steuerung von technischen und nicht technischen Vorhaben. Dusseldorf: VDI – Verlag, 1985. P. 170.

16. **Schmidt G.** Produkt – Innovation und Organisation. Giessen: Giessen Verlag, 1969. P. 184.

3.1.3. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ И МЕТОДЫ ИНТЕГРАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ СОЗДАНИИ СОВМЕСТНЫХ ПРОЕКТОВ

Современные формы организации производства и тенденции их развития. Концепция создания виртуального предприятия (ВП). В деятельности современных предприятий просматривается определенный сдвиг от производства к сфере услуг. Задача производства и сбыта продукции заменяется более сложной: обеспечить возможно более полное удовлетворение потребностей заказчика за счет своевременного изготовления и/или поставки требуемых товаров. При этом понятие качества продукции становится более субъективным, формируется в процессе взаимодействия производителя и потребителя, а уровень качества определяется степенью соответствия характеристик товара тому набору требований, который предъявляет потребитель.

Основой такого взаимодействия может служить "виртуальный продукт", являющийся новым понятием, близким к понятию услуга. Виртуальный продукт по определению может быть изготовлен и адаптирован к запросам потребителя в кратчайшее время, в любом месте и в различной форме. Для этого он должен существовать в некоторой предварительной, идеальной форме (например в виде компьютерного представления) еще до его изготовления.

Если мы говорим о виртуальном продукте, то должно быть и "виртуальное предприятие", как способ кооперации и интеграции предприятий конца XX – начала XXI века [9, 12, 14]. Понятие виртуального предприятия является естественным развитием понятия компьютерно-интегрированного производства, а в более общем контексте – характерным примером построения компьютерно-интегрированной организации [15, 20, 22, 33].

В более абстрактном контексте виртуальное предприятие означает наиболее передовую и эффективную форму организации предприятия, которая является наилучшей с точки зрения имеющихся технических средств и экономических условий. В более конкретном смысле, виртуальное предприятие означает сетевую, компьютерно-интегрированную организационно-производственную структуру, состоящую из неоднородных компонентов, расположенных в различных местах. Тогда прилагательное "виртуальный" может интерпретироваться как "временно образованное" или "созданное за счет совместных ресурсов" [12].

Виртуальное предприятие создается путем отбора требующихся организационно-технологических ресурсов различных предприятий и их интеграции с использованием компьютерной сети Internet. Это приводит к формированию гибкой и динамичной организационной структуры, наиболее приспособленной для скорейшего выпуска новой продукции и ее оперативной поставки на рынок.

Полностью виртуальное, т.е. не имеющее базовых структур в реальном физическом пространстве, предприятие, конечно, не может существовать. Речь идет об интенсивном взаимодействии реально существующих подразделений и специалистов различных предприятий в виртуальном пространстве, реализованном на основе новейших информационных и коммуникационных технологий. Такое взаимодействие призвано повысить уровень кооперации и координации предприятий, а в конечном итоге, конкурентоспособность производимой ими продукции.

В то же время, виртуальное предприятие полностью ориентировано на заказчика, поскольку его основные характеристики – это быстрота выполнения заказа и полнота удовлетворения требований клиента. Создание единой открытой организационно-производственной структуры, объединяющей различные предприятия вокруг деловых процессов, поддержи-

вающих жизненный цикл проекта, приводит к тому, что границы между взаимодействующими предприятиями становятся довольно нечеткими, прозрачными и подвижными. Уровень партнерских отношений между поставщиками и клиентами возрастает: преуспевание одних есть необходимое условие для преуспевания других. Предприятие, вместе со своими поставщиками, имеет больше шансов повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции, если поставщики будут активно участвовать в начальной разработке новых продуктов, услуг и даже планов развития предприятия. Применение этого принципа приводит, в первую очередь, к переносу проблем эксплуатации результатов реализации проекта на стадии его проектирования и изготовления.

С практической точки зрения, виртуальное предприятие есть сеть взаимодействующих рабочих мест (сотрудников), находящихся в различных географических точках. Эти рабочие места (сотрудники) участвуют в разработке совместных проектов (или ряда взаимосвязанных проектов), находясь между собой в отношениях партнерства, сотрудничества или кооперации.

Инфраструктура виртуального предприятия включает следующие основные составляющие:

- сеть Internet;
- международные стандарты для обмена данными по моделям продукции STEP (Standard for Exchange of Product model data), SGML (Standard Generalized Mark-up Language), EDIFACT, P_LIB, MANDATE и ряд других.

Виртуальное предприятие может рассматриваться как метапредприятие (своего рода предприятие над предприятиями), объединяющее цели, ресурсы, традиции и опыт нескольких предприятий при разработке сложных инновационных проектов.

Целями построения виртуальных предприятий являются:

- интеграция лучших средств и опыта различных предприятий в рамках экономически целесообразных объединений и союзов;
- организация предприятий вокруг сквозных бизнес-процессов, поддерживающих жизненный цикл продукта, что обеспечивает возможность быстрого образования, развития, реструктурирования и безболезненного расформирования виртуальных предприятий в соответствии с потребностями рынка;

- обеспечение сотрудничества, интеграции и координации предприятий, коллективов и специалистов, пространственно удаленных друг от друга;

- максимально широкое распределение и гибкое перераспределение властных полномочий; принятие решений на всех уровнях организационной иерархии [12].

Достижение этих целей возможно лишь на основе анализа организационно-технических проблем, к наиболее существенным из которых относятся:

- разработка и апробация методологий реорганизации предпринимательской деятельности;

- программно-техническое переоснащение предприятия.

Современные информационные технологии призваны сыграть одну из решающих ролей в практической реализации концепции виртуальных предприятий. Совокупность всех основных вопросов от комплексных методологий создания виртуальных предприятий до методических приемов и разработки международных стандартов заключена в настоящее время в аббревиатуре "CALS" (Commerce At Light Speed).

По международному определению CALS – это стратегия промышленности и правительства, направленная на эффективное создание, обмен, управление и использование электронных данных, поддерживающих жизненный цикл изделия с помощью международных стандартов, реорганизации предпринимательской деятельности и передовых технологий [12].

В то же время нельзя отнестись CALS просто к набору международных стандартов, стандартному набору правил организации деятельности предприятий и инструментов для интеграции предприятий, автоматизации существующих предприятий, системе создания технической документации, электронному обмену данными для организации поставок по принципу "точно вовремя". CALS – это прежде всего: информационная стратегия, пересмотр путей ведения бизнеса, набор инструментов и международных стандартов (многие из которых уже применяются), более эффективное использование информации, новые методы сотрудничества между предприятиями и, самое главное, изменение взгляда государственных органов на проблему создания законодательной базы для установления цивилизованных отношений в области производства и бизнеса.

Областями применения CALS принято считать – совершенствование деятельности в области разнородных процессов, участвующих на всех этапах жизненного цикла продукции; управление цепными поставками в течении всего жизненного цикла продукции (от создания концепции изделия до его утилизации); электронную интеграцию организаций (предприятий), участвующих на различных этапах жизненного цикла продукции; управление поддержкой жизненного цикла продукции.

По данным результатов изучения CALS в США в 1995 г. при реализации рассматриваемой стратегии были получены следующие показатели.

В процессах проектирования и инженерных расчетах:

- сокращение времени проектирования на 50 %;

- сокращение затрат на изучение выполнимости проектов на 15...40 %.

В процессах организации поставок:

- сокращение количества ошибок при передаче данных на 98 %;

- сокращение времени поиска и извлечения данных на 40 %;

- сокращение времени планирования на 70 %;

- сокращение стоимости информации на 15...60 %.

В производственных процессах:

- сокращение производственных затрат на 15...60 %;

- повышение показателей качества на 80 %.

В процессах эксплуатационной поддержки изделия:

- сокращение времени изменения технической документации на 30 %;

- сокращение времени планирования поддержки на 70 %;

- сокращение стоимости технической документации на 10...50 % [10].

Фундаментом CALS-технологий является система единых международных стандартов.

CALS-стандарты включают в себя три группы:

- функциональные стандарты, определяющие процессы и методы формализации;

- информационные стандарты по описанию данных о продуктах и процессах;

- стандарты технического обмена, контролирующие носители информации и процес-

сы обмена данными между передающими и принимающими системами.

На сегодня в качестве функциональных стандартов в CALS рассматриваются стандарты, определяющие функциональные требования для ввода изделий в эксплуатацию и их поддержки в течение всего жизненного цикла. Данная группа стандартов охватывает область разработки функциональных требований к следующим процессам:

- управления конфигурацией;
- поставок запасных частей (начальные и дополнительные);
- технического обслуживания, ремонта и капитального ремонта;
- модификации и пересмотра (обновления информации) эксплуатационного мониторинга и сообщения о неисправностях [10].

Область действия рассматриваемых стандартов включает также информацию, необходимую для работы организаций заказчика и поставщика, а также для обмена данными между ними. Международные стандарты создаются на основе опыта разработки множества существующих стандартов в разных странах.

Различные организации (подразделения), входящие в состав виртуального предприятия, могут использовать "свои" подмножества единой информационной модели изделия, так как эти подмножества определены в информационной модели изделия на языке EXPRESS, то передача информации может быть выполнена без потерь.

Также используется стандарт SGML – это стандарт представления текстовой информации, а также стандарт рационального управления документами.

Виртуальное предприятие проектируется и функционирует на основе единой информационной модели изделия, разработанной в соответствии с ISO 10303 (STEP). Общая структура STEP включает архитектуру и представление для структур изделия, определение, идентификацию и некоторые свойства изделия.

Каждый вид информации представляется через соответствующий стандарт (например: информация Логистики через LSA/LSAR (MIL-STD-1388, AECMA, MIL-STD 00-60/I и т.д.); текстовая информация через SGML, NuTime и т.д.; информация об изображениях через CGM, CCITT и т.д.).

Стандарты CALS покрывают весь спектр потребностей пользователей, обеспечивая единое представление текста, графики, информа-

ционных структур и данных о проекте, сопровождении и производстве, включая звук, видео, мультимедийные средства, передачу данных, хранение данных, документацию и многое другое для всех приложений. Ключевым понятием для виртуального предприятия является концепция многопользовательской базы данных. Она должна содержать всю необходимую информацию для компьютерной поддержки жизненного цикла изделий (ЖЦИ) и должна быть доступна как заказчику, так и самому разработчику.

Помимо вышеуказанных стандартов, охватывающих функциональные спецификации в области логистики, в CALS широко используется способ функционального моделирования, разработанный ранее в проекте USAF "Интегрированное производство" и называемый IDEF0.

IDEF0 – подмножество самой известной и широко используемой методологии SADT [29]. Он принят в качестве федерального Стандарта Обработки Информации США, используется в Министерстве обороны Великобритании, НАТО и множеством других различных корпораций, осуществляющих в своей практике функциональное моделирование.

IDEF0 предназначен для описания различных этапов ЖЦИ и представляет собой графический язык и набор процедур анализа, которые могут быть использованы для понимания и проектирования ЖЦИ как в структуре реального предприятия, так и виртуального.

CALS предполагает:

- использование для целей анализа организационной деятельности единой и широко используемой методологии системного (структурного) анализа и проектирования (SADT);
- использование единой системы описания и интерпретации данных, применяемых при проектировании организационной деятельности на всех этапах жизненного цикла изделия.

Эти моменты сместили акцент с решения локальных задач на процесс проектирования организационной деятельности в рамках жизненного цикла конкретного изделия.

Вопросы, охватывающие следующие аспекты создания и реализации проекта путем создания ВП:

- функциональный аспект формирования и функционирования ВП, представленный IDEF0-диаграммами, показывающими причинно-следственные взаимосвязи между процессами посредством поставляемых/потребляемых ресурсов;

- сетевая модель проекта, дополняющая причинно-следственные взаимосвязи между процессами и временными характеристиками этих процессов;

- модель логистической инфраструктуры ВП, позволяющая формализованно описать потоки ресурсов между предприятиями, участниками проекта, т.е. смоделировать систему интегрированных цепочек поставок в рамках проекта и учесть дополнительные экспертные параметры, влияющие на выбор основных участников проекта;

- вероятностная оценка устойчивости проекта, позволяющая учесть вероятностную природу основных величин, используемых при разработке функционального аспекта формирования и функционирования ВП, сетевой модели проекта, модели логистической инфраструктуры ВП.

Под **проектом** понимается комплекс взаимосвязанных мероприятий, предназначенный для достижения четко определенных целей, в условиях заданного периода времени, установленного бюджета, определенных требованиях к качеству и иных ограничениях [7].

Каждый проект от возникновения идеи до полного своего завершения проходит ряд последовательных ступеней своего развития. Полная совокупность ступеней развития проекта образует **жизненный цикл проекта**. Можно считать, что жизненный цикл проекта начинается с нуля (начало проекта) и заканчивается получением финишного результата. Кривая интенсивности работ имеет характер-

ную форму (рис. 3.1.24), отражающую типичную динамику развития проекта.

Осуществление проекта происходит в окружении определенной динамической среды, которая оказывает на него непрерывное воздействие. Для каждого проекта может быть выделено дальнее и ближнее окружение проекта. Дальнее окружение проекта образуют факторы внешнего окружения, на которые невозможно оказывать воздействие в рамках проекта. Такие факторы в дальнейшем названы **условия осуществления проекта**. Ближнее окружение проекта образуют факторы внешнего окружения, поддающиеся воздействию в рамках организации и реализации проекта. Такие факторы в дальнейшем названы **окружение проекта** (рис. 3.1.25).

Изменение состояния проекта от его задумки до завершения характеризуется изменением ряда параметров и показателей, которые определяют сущность проекта и на основе которых определяется успешность проекта. Этой совокупностью "элементов" проекта управляют в процессе организации и осуществлении проекта.

Объектов управления в каждом проекте может быть достаточно много. Это зависит от основных классификационных признаков проекта. Для всех проектов можно выделить базовые функции управления проектом:

- управление предметной областью проекта;
- управление качеством;
- управление временем;
- управление стоимостью.



Рис. 3.1.24. Жизненный цикл проекта

Базовые функции управления проектом:

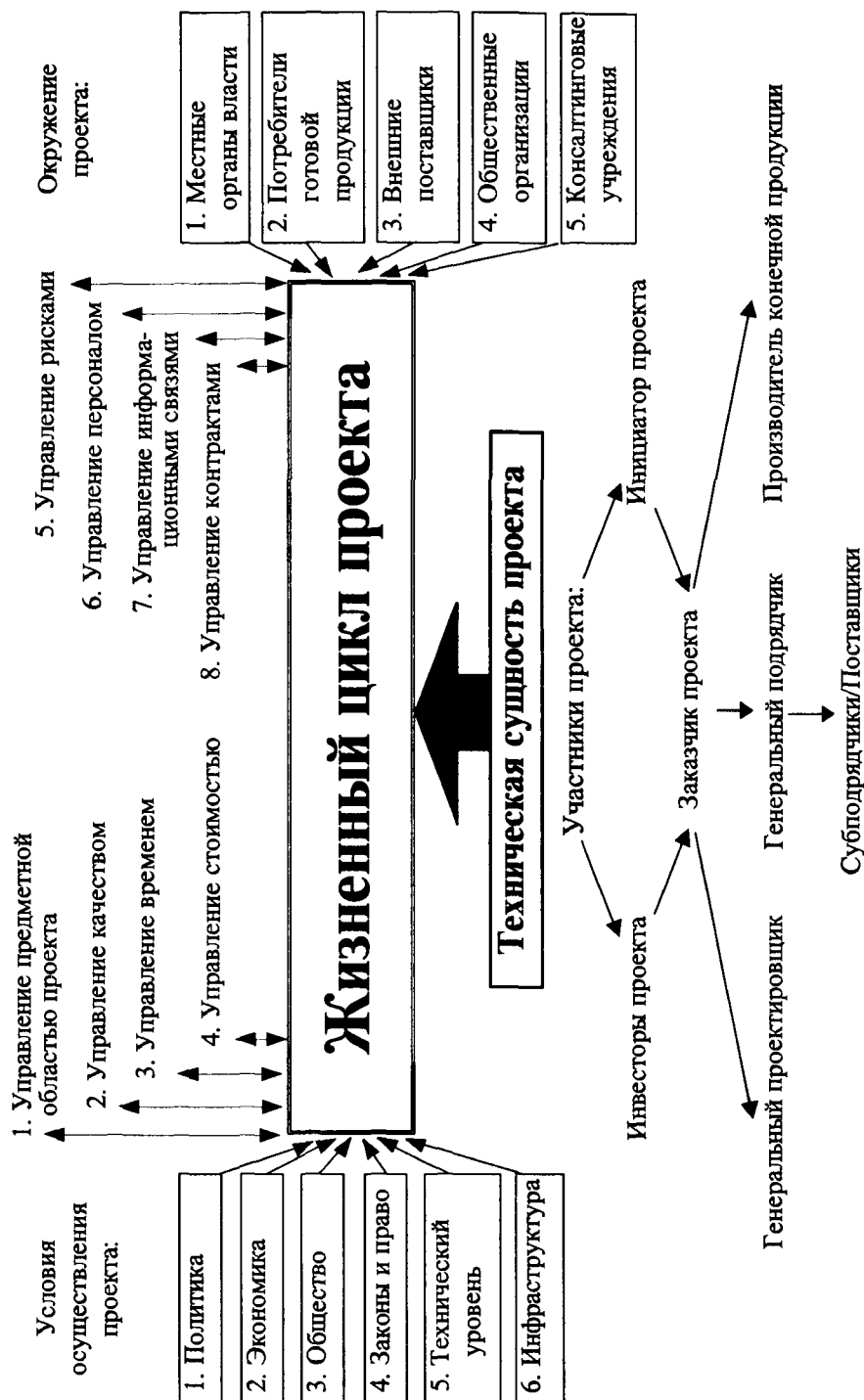


Рис. 3.1.25. Проект, его окружение и сферы управления проектом

Кроме базовых функций управления выделяется ряд интегрирующих функций управления проектом:

- управление риском;
- управление персоналом;
- управление контрактами и обеспечением проекта;
- управление взаимодействиями и информационными связями [95, 98].

На основе выделенных функций определяются критерии оценки проекта:

- техническая осуществимость (определяемая предметной областью проекта и качеством);
- конкурентоспособность (определяемая качеством, временем и стоимостью);
- трудоемкость (усилия, затрачиваемые на проект, измеряемые временем и стоимостью);
- жизнеспособность (определяемая предметной областью, стоимостью и риском);
- эффективность осуществления проекта (определяемая участвующим персоналом, средствами коммуникаций и общения, системой материально-технического обеспечения).

Предметную область проекта определяют цели, задачи, работы проекта, их объемы и потребляемые ресурсы. По ходу осуществления этапов жизненного цикла проекта все составляющие предметной области проекта претерпевают изменения:

- цели, задачи и состав работ могут изменяться или уточняться как в процессе разработки проекта, так и по мере достижения промежуточных результатов;
- объемы работ могут уточняться в процессе разработки проекта, а в процессе выполнения проекта они меняются от 0 до 100 % при завершении работ проекта;
- результирующие материальные объекты изменяются по мере выполнения работ по проекту.

Управление предметной областью проекта заключается в управлении этими изменениями и осуществляется через процессы определения целей, разработки концепции, планирования, учета, контроля выполнения и завершения проекта.

Функция управления качеством проекта пронизывает весь жизненный цикл проекта, все стороны и элементы проекта:

- проектные, организационные и управленческие решения;

- используемые материалы, оборудование, сырье;
- качество выполняемых работ при реализации проекта;
- качество полученных результатов проекта.

Управление качеством реализуется через установление требований и стандартов к качеству результатов проекта, обеспечение выполнения этих требований в процессе реализации проекта через систему контроля качества.

Время является одним из определяющих факторов в оценке успеха проекта. Будучи одним из основных ресурсов проекта, оно требует особого внимания.

Функция управления временем тесно связана с функцией управления предметной областью и включает в себя определение продолжительности; сроков начала и завершения проекта; его частей; контрольных событий для каждой из выполняемых работ; оптимизацию временных характеристик; разумное использование резервов времени; контроль за развитием проекта по его временным характеристикам; прогнозирование сроков завершения работ, этапов и проекта в целом; принятие решений по ликвидации нежелательных временных отклонений.

Функция управления временем реализуется посредством процессов временного анализа проекта и его частей, календарного планирования работ, контроля графиков выполнения работ, их актуализации и корректировки.

В рыночной экономике фактор стоимости становится определяющим в осуществлении проекта и оценке его результатов, поэтому стоимость является одним из основных объектов при управлении проектами.

Функция управления стоимостью включает в себя предварительную оценку расходов, связанных с проектом, определение сметы расходов, источников финансирования и бюджета проекта, планирование денежных потоков, прогнозирование доходов и прибылей, контроль за расходованием и поступлением денежных средств и принятие решений в случаях превышения расходов и других отклонений от финансовых планов.

Главной задачей управления стоимостью является соблюдение бюджетных рамок проекта и получение предусмотренной прибыли от его осуществления. В основу управления стоимостью должны быть положены методы определения эффективности инвестиций в проекты в условиях нестабильной экономики.

Риск в контексте проекта (риск проекта) рассматривается как воздействие на проект и его элементы непредвиденных событий, которые могут нанести определенный ущерб и препятствовать достижению целей проекта.

Риск проекта характеризуется тремя факторами: событиями, оказывающими негативное воздействие на проект; вероятностью появления таких событий; оценкой ущерба, нанесенного проекту такими событиями.

Для осуществления проекта на протяжении его жизненного цикла привлекаются различные специалисты различной квалификации. Количество привлекаемого персонала в течение жизненного цикла проекта может претерпевать сильные колебания.

Управление персоналом должно быть направлено на оптимальное использование ресурсов для достижения целей проекта.

Осуществление проектов происходит на контрактной основе.

Функции управления контрактами и обеспечения проекта ресурсами включают процессы: выбор стратегии контрактной деятельности; информационно-рекламную работу; определение состава, номенклатуры и сроков привлекаемых по контракту субъектов; подготовку контрактных предложений; выбор контрагентов и поставщиков путем торгов, конкурсов, тендеров и др.; подготовку документации; заключение контрактов; контроль за

ходом их выполнения; закрытие и расчет по выполненным контрактам.

Управление проектом в целом зависит от успешной организации взаимодействия всех участников проекта и обеспечения их потребности в информации для осуществления проекта. Масштабы, сложность проекта, его окружение, количество участников и заинтересованных сторон порождает большое число взаимосвязей и потоков информации. Это и требует введения специальных функций управления проектами, содержанием которых является разработка, организация и контроль процесса информационного обмена с помощью разнообразных средств для удовлетворения потребностей участников проекта. В эти функции управления обычно включаются процессы сбора, передачи, переработки, сортировки, отображения и интерпретации информации, необходимой и достаточной для всех участников проекта и его окружения.

Состав участников проекта, их роли, распределение функций и ответственности зависят от основных характеристик проекта, а также от фазы жизненного цикла проекта. Таким образом, постоянными являются функции по реализации проекта на протяжении его жизненного цикла, а состав участников, их роли, распределение ответственности и обязанностей могут меняться.

Множество проектов может быть классифицировано по различным признакам [7, 30, 32, 39] (табл. 3.1.8).

3.1.8. Классификация проектов

Типы проектов	Основные классификационные признаки	Дополнительные классификационные признаки
1. Инвестиционные проекты	Главной целью проекта является создание или обновление основных фондов	Вид (масштабность) проекта: – проект предприятия; – корпоративный проект; – отраслевой проект; – межотраслевой проект; – региональный проект; – межрегиональный проект; – международный проект Длительность проекта: – краткосрочные: до 3-х лет; – среднесрочные: от 3-х до 5-ти лет; – долгосрочные: свыше 5-ти лет Сложность проекта
2. Инновационные проекты	Главной целью проекта является разработка и внедрение новых технологий или бизнес-процессов	
3. Проекты исследований и изысканий	Главной целью проекта является проведение исследовательских работ, результаты которых должны быть востребованы в других проектах	
4. Социальные проекты	Главной целью проекта является улучшение социальных условий и инфраструктуры	
5. Комбинированные проекты	Проекты, характеризующиеся комплексными целями, т.е. сочетающими в себе цели нескольких вышеперечисленных типов проектов	

Концепция виртуального предприятия может быть применима в одинаковой степени для поддержки жизненного цикла продукта и проекта (рис. 3.1.26). Жизненный цикл продукта охватывает больший интервал времени, включая в себя этапы эксплуатации, сопровождения, утилизации. Жизненный цикл проекта ограничивается сдачей результатов проекта заказчику.

Реализация проектов путем создания ВП требует определенной реорганизации предпринимательской деятельности основных участников проекта, целью которой является создание основ для эффективной интеграции промышленных предприятий.

Основные направления реорганизации предпринимательской деятельности основных участников проекта при реализации проекта путем создания ВП показаны на рис. 3.1.27.

Сложность решения проблем интеграции промышленных предприятий при создании совместного проекта определяет:

- необходимость разработки комплексной модели проекта, создающейся на этапе разработки концепции проекта и использующейся на всех последующих этапах жизненного цикла проекта;
- повышение роли организационных мероприятий, являющихся фундаментом эффективной эксплуатации интегрированной корпоративной информационной системы.

Целью разработки модели загрузки производственных фондов предприятий-участников ВП является анализ и количественная оценка виртуальной производственной структуры, т.е. кооперативного объединения производственных подразделений различных организаций, участвующих в совместной реализации проекта и обладающих соответствующим технологическим оборудованием и квалифицированными специалистами. Виртуальная производственная структура должна создаваться путем целенаправленного отбора наиболее перспективных технологических процессов и производственного оборудования, необходимого для выполнения проекта.

Моделирование загрузки производственных фондов предприятий-участников ВП состоит в построении диаграмм загруженности для каждого наименования оборудования.

Для каждого предприятия строится самостоятельная, но обладающая общей архитектурой, т.е. совместимая с моделями производственной структуры прочих участников ВП, модель производственной структуры. Общая

архитектура моделей производственной структуры всех участников ВП может быть представлена с помощью нескольких унифицированных способов.

Номенклатурная модель предприятия-участника ВП должна содержать в себе:

- номенклатурный список оборудования, которым располагает данная организация и который она может предоставить в виртуальное предприятие;
- количество единиц оборудования по каждой номенклатурной позиции;
- планируемую загруженность каждой единицы оборудования ранее принятыми заказами на весь период осуществления рассматриваемого заказа, проекта.

Номенклатурная модель участника ВП обеспечивает единообразное представление исходных данных, на основе которых будет оцениваться роль каждого предприятия, участника ВП, путем моделирования прохождения по данному предприятию заказа, сформированного в рамках проекта.

Математические зависимости, описывающие различные варианты размещения заказа на производственных мощностях предприятия, достаточно полно представлены в [5, 23, 24, 28, 31, 37].

Операции над партией деталей, входящих в заказ, могут выполняться последовательно, последовательно-параллельно и параллельно.

Последовательное выполнение операций над партией деталей заключается в том, что каждая последующая операция выполняется лишь по окончании изготовления всей партии деталей на предыдущей операции.

При последовательном способе выполнения работ производственный цикл партии деталей рассчитывается по формуле:

$$T_{ц.пос} = \frac{1}{T_{см} S} \left(n \sum_{i=1}^m \frac{t_{шк}}{c_{р.м}} + m t_{мо} + T_{ест} \right),$$

где $T_{см}$ – длительность одной смены; s – число смен в сутки; n – число деталей в партии; m – число операций; $t_{шк}$ – штучно-калькуляционное время операции (мин), рассчитываемое с учетом затрат времени на переналадку оборудования; $c_{р.м}$ – число рабочих мест, занятых выполнением операции, мин; $t_{мо}$ – время межоперационного пролеживания деталей, мин; $T_{ест}$ – длительность естественных процессов, мин.

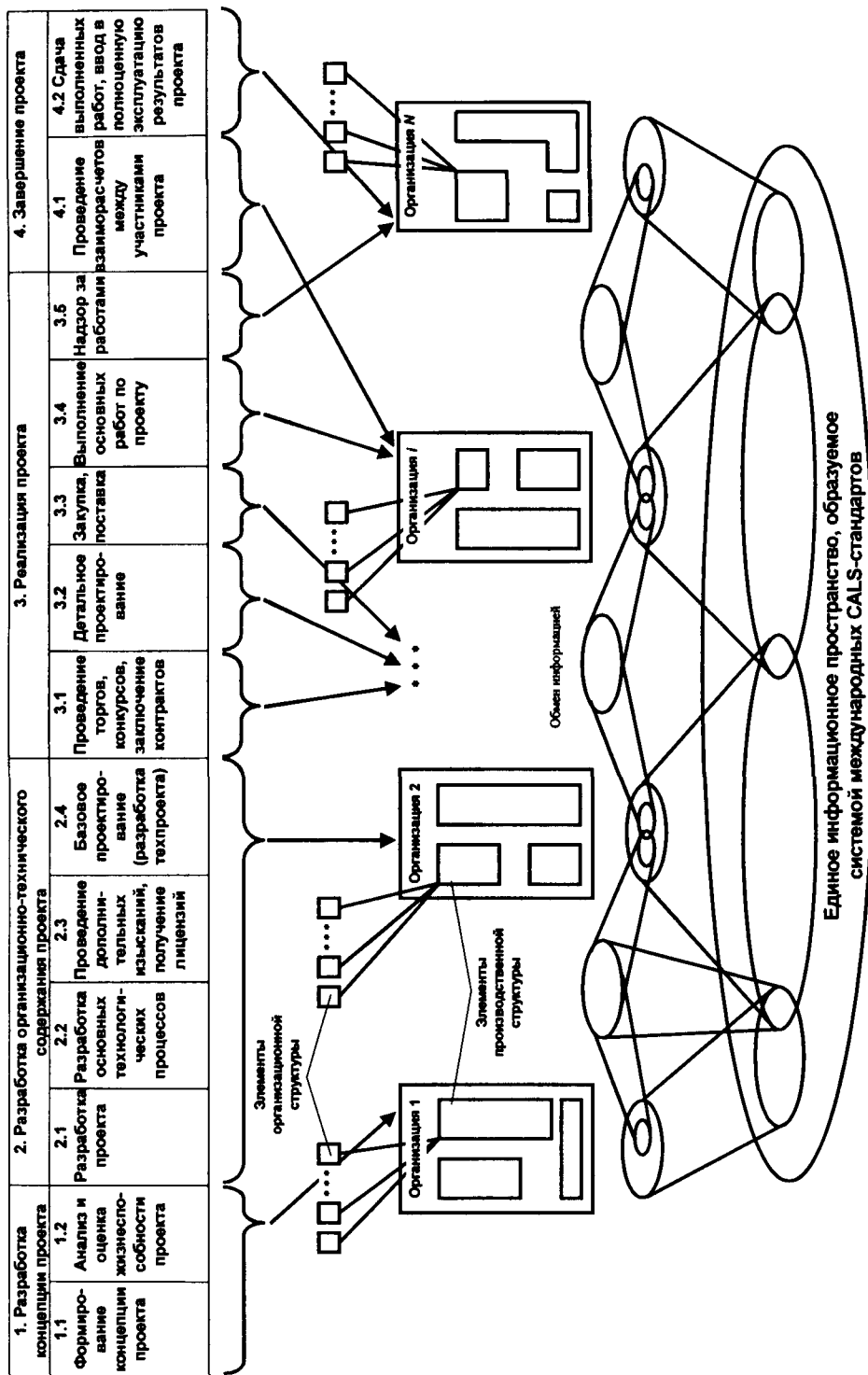


Рис. 3.1.26. Распределение этапов жизненного цикла проекта между участниками виртуального предприятия

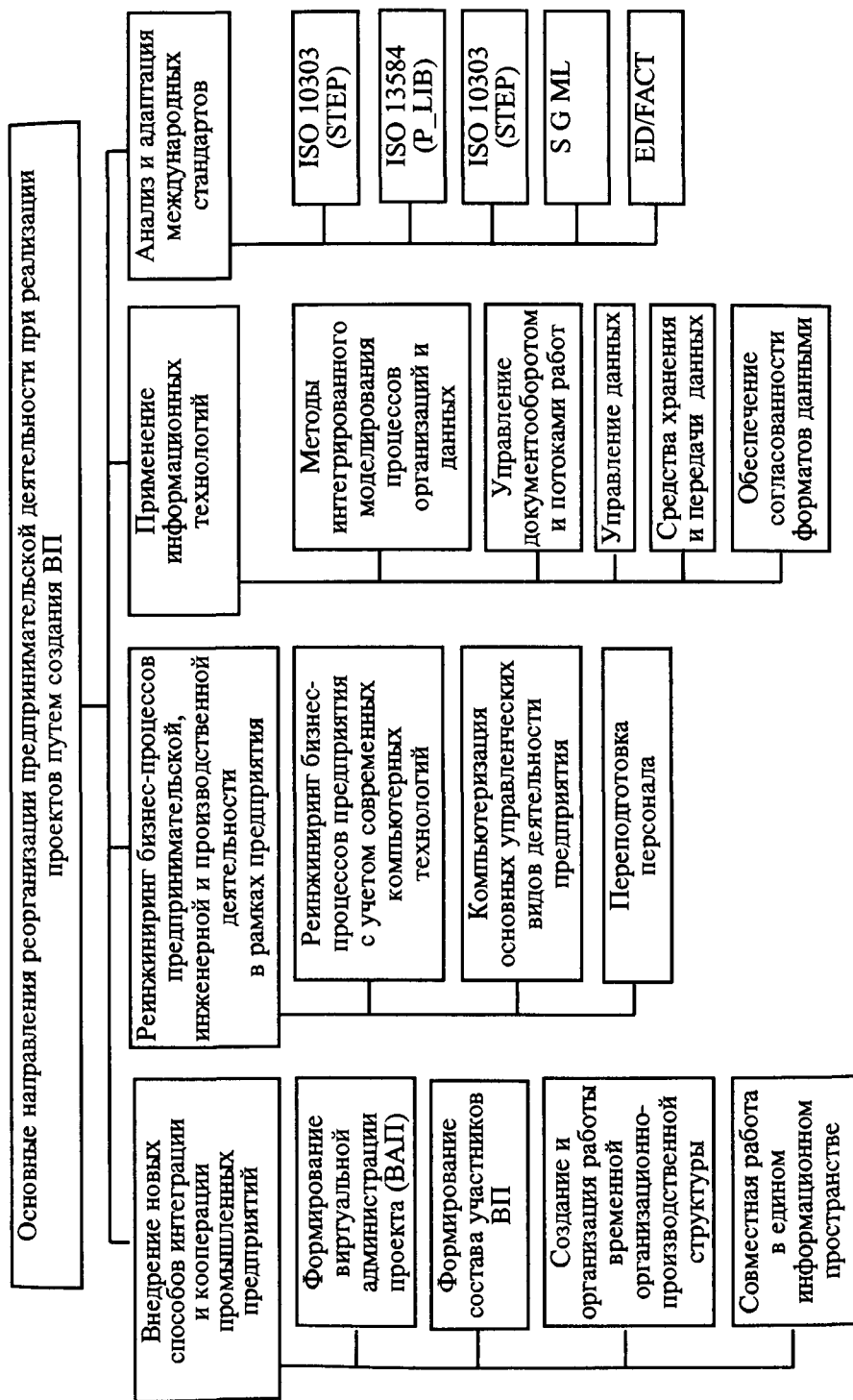


Рис. 3.1.27. Роль и место проблемы выбора участников проекта в контексте основных проблем реорганизации промышленной деятельности

При последовательно-параллельном способе выполнения работ со станка на станок передается не вся партия, а ее часть, называемая передаточной или транспортной партией. Число параллельных операций всегда на единицу меньше общего числа операций процесса.

Производственный цикл партии деталей при последовательно-параллельном способе рассчитывается по формуле:

$$T_{цп} = T_{цпос} - \sum_{i=1}^{m-1} (n-p) \left(\frac{t_{шк}}{c_{рм} T_{смs}} \right)_{\min} + \frac{mt_{мо}}{T_{смs}} + \frac{T_{ест}}{T_{смs}},$$

где p – размер передаточной (транспортной) партии; $\left(\frac{t_{шк}}{c_{рм} T_{смs}} \right)_{\min}$ – время наименьшей операции из двух смежных.

Параллельное выполнение операций над партией деталей характеризуется одновременным выполнением всех операций на различных станках и передачей детали с одного рабочего места на следующее поштучно или передаточной партией немедленно по окончании их обработки на предыдущей операции.

Производственный цикл партии деталей при параллельном выполнении и отсутствии синхронизации операций рассчитывается по формуле:

$$T_{цп} = (n-p) \left(\frac{t_{шк}}{c_{рм} T_{смs}} \right)_{\max} + p \sum_{i=1}^m \frac{t_{шк}}{c_{рм} T_{смs}} + \frac{mt_{мо}}{T_{смs}} + \frac{T_{ест}}{T_{смs}},$$

где $\left(\frac{t_{шк}}{c_{рм} T_{смs}} \right)_{\max}$ – время наиболее продолжительной операции из двух смежных.

Для оценки технологической себестоимости выполнения заказа/работы может быть применена следующая формула:

$$C_j = \sum_j t_{шj} (z_{рi} + C_m^6 K_{mj} K_{машj} P_{ij}) N + \sum_j (nt_{п-зj} K_{ос} C_{осj}),$$

где $t_{шj}$ – норма штучного времени изготовления i -й детали на j -й операции; $z_{рi}$ – часовая (основная и дополнительная с начислениями) заработная плата основного рабочего на i -й операции; C_m^6 – себестоимость машино-часа базового станка; $K_{машj}$ – коэффициент машинного времени на j -й операции; P_{ij} – часовые расходы на инструмент на j -й операции; N – обрабатываемый заказ деталей, шт; n – число переналадок станка; $t_{п-зj}$ – норма подготовительно-заключительного времени на j -й операции техпроцесса изготовления i -й детали; $K_{ос}$ – коэффициент амортизации и эксплуатации специальной оснастки; $C_{осj}$ – стоимость оснастки на j -й операции, р.

При учете себестоимости материала (заготовки) формула технологической себестоимости изготовления заказа приобретет следующий вид:

$$C_i^{\text{тех}} = C_i + C_m N,$$

где C_m – стоимость материала заготовки i -й детали.

Наиболее целесообразный размер передаточной партии деталей может быть определен по следующей формуле:

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2C_{\text{зап}}N}{C_{\text{изг}}\eta}},$$

где $n_{\text{опт}}$ – оптимальный размер передаточной партии, шт.; $C_{\text{зап}}$ – затраты по запуску партии деталей в обработку (затраты на наладку, оформление документации, включение партии в график запуска и выдачу нарядов исполителям, учет движения партии в ходе обработки и др.); $C_{\text{изг}}$ – затраты по изготовлению одной детали (материалы, зарплата и другие затраты цеховой себестоимости, р.); N – количество деталей в заказе, шт.; η – коэффициент потерь от связывания средств в незавершенном производстве, он может быть принят равным норме прибыли на капитал.

При моделировании прохождения заказа по производственной структуре предприятия участника ВП одним из эмпирических крите-

рив рациональности формирования фронта рабочих мест, участвующих в выполнении заказа/работы, может быть предложено следующее: фронт рабочих мест, одновременно занятых изготовлением деталей данного комплекта, с момента запуска начинает возрастать и достигает своего максимума в момент завершения первой операции процесса (в момент завершения обработки деталей комплекта на первой операции технологического маршрута). При наилучшем использовании фронта рабочих мест для изготовления данного заказа в этот момент производственный цикл изготовления рассматриваемого комплекта деталей делится на две части, причем производственный цикл изготовления комплекта так относится к своей большей части, как эта большая часть относится к меньшей. В математике такое соотношение получило наименование "золотое сечение". В точке "золотого сечения" количество рабочих мест, привлекаемых к изготовлению деталей комплекта, как правило, в два раза превышает среднее количество рабочих мест, выделяемых по плану для изготовления рассматриваемого комплекта деталей.

Виртуальная администрация проекта (ВАП) представляет собой территориально-распределенную и компьютерно-интегрированную команду специалистов, решающих задачи управления проектом на нескольких уровнях административно-хозяйственной деятельности.

Виртуальная администрация проекта может рассматриваться на следующих административно-хозяйственных уровнях

- уровень принятия решений,
- уровень администрирования,
- уровень координации технических решений,
- уровень реализации

Типовые задачи виртуальной администрации проекта

1. Разработка совместных планов работ
2. Координация работ
3. Управление изменениями.
4. Контроль за ходом выполнения работ
5. Организация общей (совместной) системы отчетности

Традиционно для управления проектом используется организационная структура, приведенная на рис. 3 1 28.

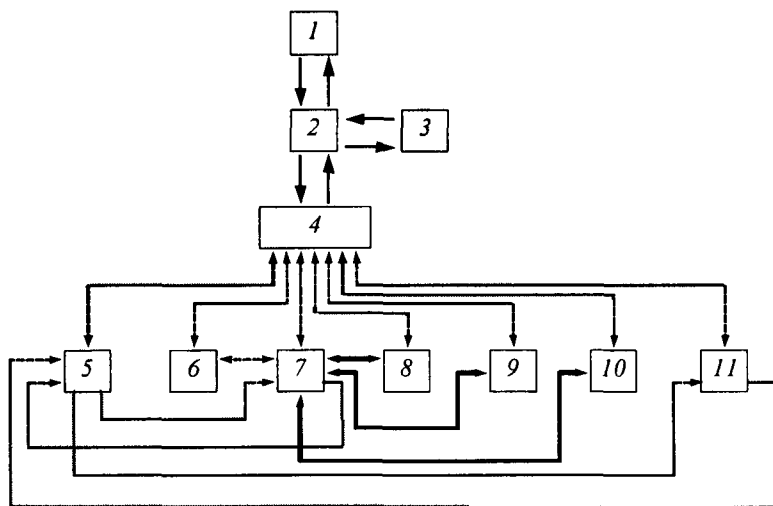


Рис. 3.1.28. Традиционная функциональная организационная структура управления проектом:

- 1 – Собрание акционеров, 2 – Совет директоров, 3 – Руководящий Комитет Проекта,
 4 – Генеральный директор, 5 – Директор по финансам и экономике, 6 – Директор по кадрам и режиму,
 7 – Директор по управлению операциями, 8 – Директор по производству,
 9 – Директор по комплексной подготовке, 10 – Директор по комплексному обеспечению,
 11 – главный бухгалтер 1-2, 2-3, 2-4 – отношение "Принятие решений",
 2-1, 3-2, 4-2 – корректирующее отношение для "Принятия решений",
 4-5, 4-6, 4-7, 4-8, 4-9, 4-10, 4-11, 5-7, 6-7, 5-11 – Отношения "Административные решения",
 7-8, 7-9, 7-10 – отношения "Координация технических решений"

В силу того, что в традиционной функциональной организационной структуре управления проектом не выделяются вышеуказанные отношения, можно предложить к рассмотрению некоторую модификацию традиционной схемы, показанную на рис. 3.1.29. Суть этой модификации состоит в том, что здесь учитываются типы отношений между функциональными руководителями и вводится уровень администрирования и уровень координации технических решений, за счет чего упро-

щаются информационные связи между ними, и при этом более четко определяются функциональные обязанности руководителей, т.е.:

- функциональные обязанности по формированию решений для неукоснительной реализации (уровень администрирования);
- функциональные обязанности по разработке технических решений в процессе реализации административных решений (уровень координации технических решений).

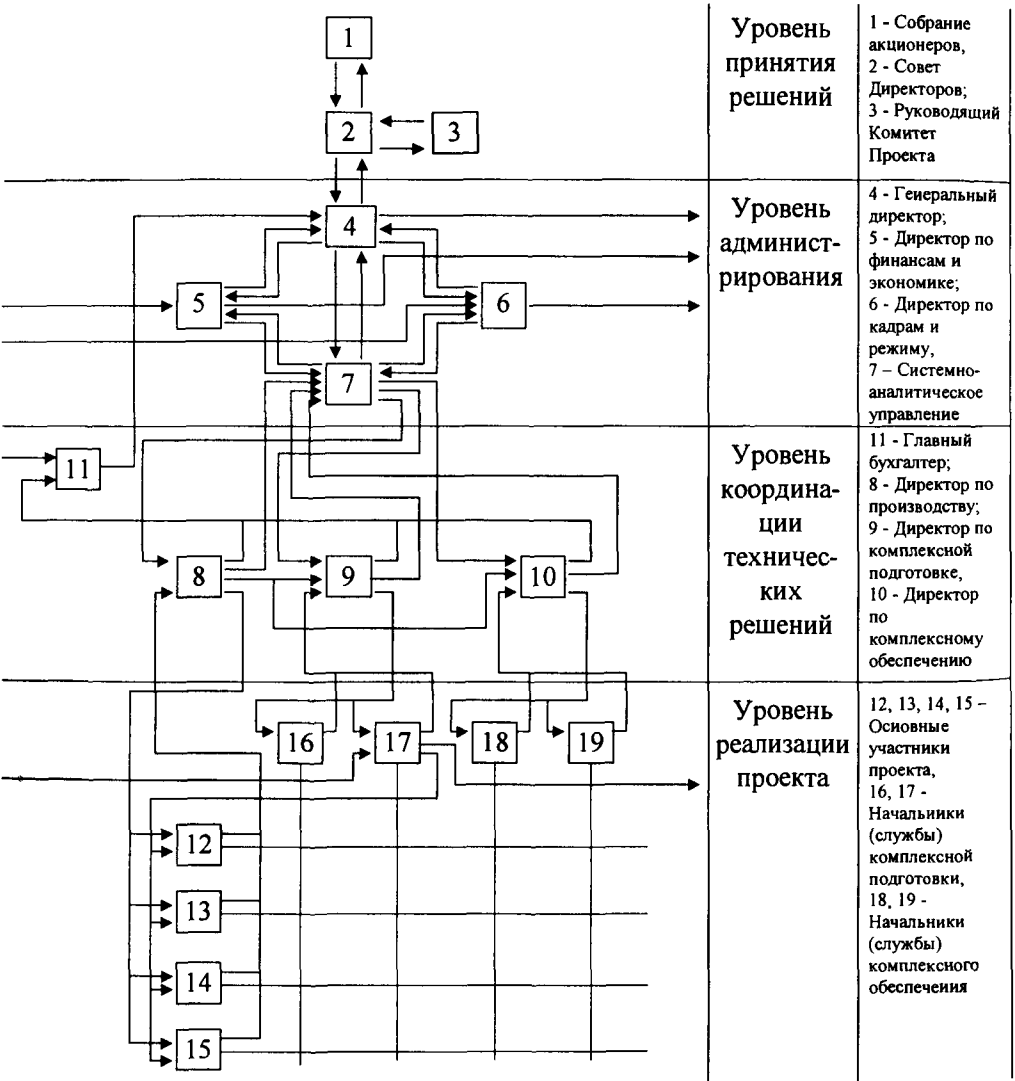


Рис. 3.1.29. Перспективный вариант виртуальной администрации проекта

Организационные структуры управления проектами создаются на основе уже сложившихся действующих структур, использовавшихся в разных областях деятельности и отраслях промышленности [6, 27, 34, 38].

Концепция управления проектами предполагает создание для решения задач управления проектом специальной группы, которая становится самостоятельным участником проекта. Эта группа создается на период реализации проекта и после его завершения распускается. Логика взаимоотношений участников проекта внутри такой группы, создаваемой для управления этим проектом, раскрывает ее организационную структуру. Основная цель состоит в том, чтобы обеспечить конкретную ответственность и полномочия по проекту.

Заказчик и подрядчик, а также все остальные участники проекта для осуществления всех работ должны интегрироваться в рамках ВАП.

Существует два основных принципа формирования групп для управления проектом:

1. Ведущие участники проекта создают свои собственные группы, которые возглавляются самостоятельными менеджерами проекта. Эти менеджеры подчиняются единому менеджеру проекта.

2. Для управления проектом создается единая группа во главе с менеджером проекта. В группу входят полномочные представители всех участников проекта для осуществления функций согласно принятому распределению зон ответственности.

Существует два основных типа организационных структур для групп по управлению проектами:

- рабочая группа проекта;
- матричная структура.

Может использоваться также комбинация двух этих типов.

Разработка модели проекта, критериев и методов оценки. Для выявления и осознания целей, состава и содержания проекта, организации планирования и контроля процессов осуществления проектов необходимо определить и построить комплексную модель проекта, под которой понимается совокупность взаимосвязанных методов формализованного описания проекта, представленных с различной степенью детализации.

Модель проекта должна обеспечить адекватное описание основных параметров и их взаимосвязей, необходимых для анализа целе-

сообразности привлечения к проекту тех или иных подрядчиков и распределения работ между ними. Системный подход к созданию и реализации проекта должен отражать следующие параметры и взаимосвязи между ними:

1. Взаимосвязь "ресурсы–процессы", которая описывает причинно-следственные отношения между процессами посредством потребляемых и вырабатываемых ресурсов.

2. Взаимосвязь "процессы–события", которая описывает порядок свершения и причинно-следственные взаимосвязи ключевых событий и работ, приводящих к свершению этих событий.

3. Взаимосвязь "работы во времени", которая описывает временное распределение работ и событий.

Регламентация процессов, необходимых для выполнения проекта, имеет две ступени: качественного анализа и количественной оценки. На первой ступени должен производиться качественный анализ процессов и экспертная оценка необходимости и последовательности осуществления всех процессов, необходимых для выполнения проекта.

На второй ступени должна производиться количественная оценка регламентируемых процессов с точки зрения затрат времени, необходимых для выполнения процессов и финансовых инвестиций, обеспечивающих своевременное и полное выполнение процессов.

Для формализации функционального аспекта описания ВП на второй ступени используются сетевые модели, сетевые графики и графики Ганта, средства построения кривой стоимости проекта и средства оценки устойчивости кривой стоимости проекта.

В силу вышеперечисленного, комплексная модель проекта должна состоять из следующих компонент (табл. 3.1.9):

- функциональная IDEF0-модель проекта;
- сетевая модель проекта;
- диаграммы Ганта.

Методология IDEF0 принята в качестве первой компоненты модели проекта в силу ее наименьшей формализованности по сравнению с другими возможными альтернативными компонентами.

Функциональная модель представляет собой иерархически организованную сложную функциональную спецификацию соответствующего уровня иерархии, называемую декомпозицией процесса верхнего уровня.

3.1.9. Трехкомпонентная модель проекта

Функциональная модель IDEF0	Сетевая модель	Диаграммы Ганта
Функциональная модель IDEF0 представляет собой средство формализованного описания проекта на качественном уровне	Сетевая модель проекта представляет собой основу для построения математической модели проекта, его количественной оценки и оптимизации	Диаграмма Ганта позволяет представить результаты расчетов в наиболее понятном и наглядном виде

Процессы, описываемые с помощью таких спецификаций, изображаются прямоугольниками, а связи между ними стрелками (рис. 3.1.30). Каждый процесс, входящий в декомпозицию процесса верхнего уровня, может, в свою очередь, иметь собственную декомпозицию (т.е. быть декомпозируемым) или не иметь таковой (т.е. быть терминальным). Терминальные процессы считаются не подлежащими дальнейшей декомпозиции в рамках рассматриваемой предметной области.

В методологии IDEF0 возможность адекватного восприятия семантики (смысла), построенной различными специалистами функциональной спецификации, обеспечивается за счет неформальных вербальных описаний (комментариев). Эти комментарии задаются

разработчиками на основе своего понимания функционально специфицируемой предметной области и никак не связаны с формальными конструкциями языка IDEF0.

В систему базовых понятий включаются: объект, понятие, число, множество, элемент множества, математические операции над множествами, кортеж, отношение, предикат, соответствие, параметр, имя, свойство, признак, роль.

Понятие множества является фундаментальным неопределяемым понятием. Под множеством будем понимать совокупность определенных и вполне различных объектов, рассматриваемых как единое целое.

Наряду с понятием множества введем понятие упорядоченного множества или кортежа.

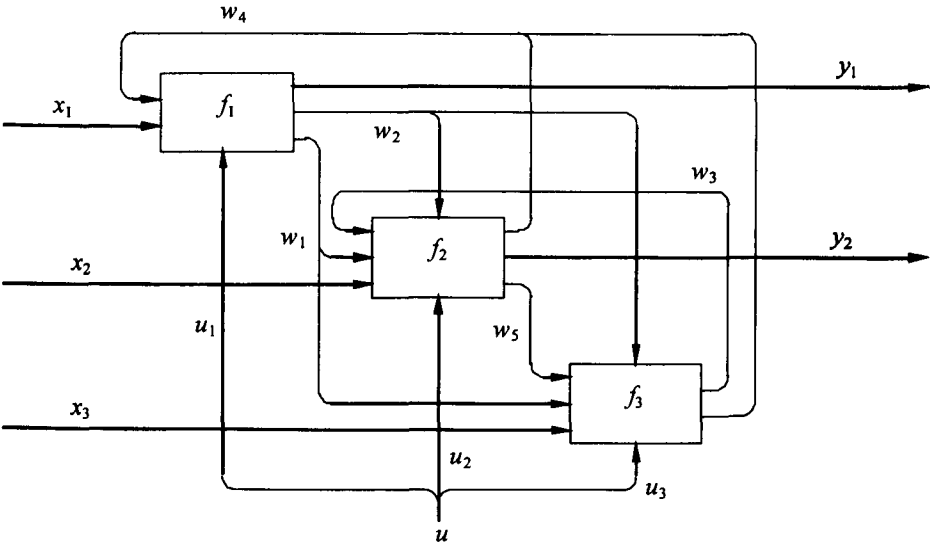


Рис. 3.1.30. Функциональная модель IDEF0

Кортеж – последовательность элементов, в которой каждый элемент занимает определенное место. Сами элементы при этом могут называться компонентами кортежа. Число элементов кортежа назовем его длиной. Обозначения кортежа:

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_n),$$

где n – длина кортежа, $a_1, a_2, \dots, a_n$ – элементы кортежа.

Введем понятие прямого произведения множеств. Прямым произведением множеств X и Y называется множество, обозначаемое $X \times Y$ и состоящее из всех тех и только тех упорядоченных пар, первая компонента которых принадлежит множеству X , а вторая компонента принадлежит множеству Y . Таким образом, элементами прямого произведения являются двухэлементные кортежи вида (x, y) . Обозначение прямого произведения:

$$X \times Y = \{(x, y) \mid x \in X, y \in Y\}.$$

Рассмотрим два множества X и Y . Элементы этих двух множеств могут каким-либо образом сопоставляться друг с другом, образуя пары (x, y) . Если способ такого сопоставления определен, т.е. для некоторых элементов $x \in X$ указан элемент $y \in Y$, с которым сопоставляется элемент x , то между множествами X и Y установлено соответствие. Обозначение соответствия:

$$q = (X, Y, R),$$

где $R \subseteq X \times Y$.

Соответствие определено на всем множестве X , т.е. для каждого $x \in X$ может быть указан элемент $y \in Y$, то такое всюду определенное соответствие называется отображением множества X в множество Y . Обозначение отображения:

$$\Gamma: X \rightarrow Y.$$

Система множеств. Введем понятие системы из N множеств. Под системой из N множеств будем понимать некоторую совокупность множеств, причем разные множества не могут содержать в себе одинаковые элементы.

Обозначение системы множеств:

$$N = \{N^1, N^2, \dots, N^s\},$$

где N – система множеств; $N^1, N^2, \dots, N^s$ – множества, образующие систему; s – ранг системы множеств, т.е. количество множеств, составляющих систему.

$$N^1 = \{n_i^1\}, \text{ где } i \in I;$$

$$N^2 = \{n_j^2\}, \text{ где } j \in J;$$

...

$$N^s = \{n_k^s\}, \text{ где } k \in K,$$

$n_z^f \neq n_p^h$ для любых допустимых f, h, z и p .

Множество соответствий в рамках системы множеств. Для системы множеств $N^1, N^2, \dots, N^s$ введем множество соответствий между элементами этих множеств (рис. 3.1.31).

Обозначение множества соответствий между элементами системы множеств:

$$Q = \{q_g\}, g \in G,$$

где Q – множество соответствий; q_g – любое соответствие между выбранными множествами из системы множеств; $q_g = (N^i, N^j, R_{ij})$,

где $R_{ij} \subseteq N^i \times N^j, i \geq s, j \geq s$.

Группа соответствий. Одним из частных случаев множества соответствий между элементами множеств $N_1, N_2, \dots, N_k$ является группа соответствий. Группой соответствий будем называть такое множество соответствий, для которого определены только соответствия одного множества со всеми остальными множествами, входящими в систему, и, кроме того, между элементами остальных множеств нет каких-либо иных соответствий.

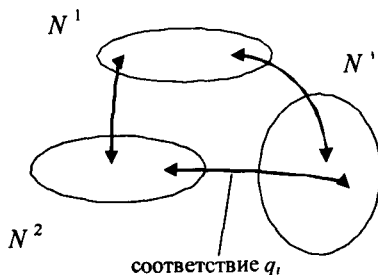


Рис. 3.1.31. Множество соответствий в системе множеств $N^1, N^2, \dots, N^s$

Полная комбинация элементов системы множеств. Введем понятие комбинации элементов множеств $N^1, N^2, \dots, N^s$. Под комбинацией элементов множеств $N^1, N^2, \dots, N^s$ будем понимать кортеж, элементами которого являются некоторые подмножества исходных множеств $N^1, N^2, \dots, N^s$. Комбинацию элементов множеств $N^1, N^2, \dots, N^s$ будем называть полной, если в кортеже присутствует хотя бы один элемент каждого из множеств, входящих в систему, т.е. кортеж полной комбинации элементов множеств будет полным, если длина этого кортежа равна рангу системы множеств. Обозначение кортежа полной комбинации элементов множеств:

$$K = (M^1, M^2, \dots, M^s),$$

где K – кортеж полной комбинации элементов множеств $N^1, N^2, \dots, N^s$, причем $M^1 \subset N^1$; $M^2 \subset N^2$; ...; $M^s \subset N^s$; s – ранг системы множеств; M^i – подмножества множеств, входящих в систему и являющихся элементами кортежа K , $i = 1, 2, \dots, s$.

Множество кортежей полной комбинации. Рассмотрев понятие полной комбинации элементов системы множеств, рассмотрим множества, элементами которых являются рассмотренные выше полные комбинации, т.е., говоря другими словами, рассмотрим множества, элементами которых являются кортежи вида $K_i = (M_i^1, M_i^2, \dots, M_i^s)$. Обозначение множества кортежей полной комбинации:

$$W = \{K_i\},$$

где W – множество кортежей полной комбинации; K_i – i -й кортеж полной комбинации. Опираясь на введенное понятие множества кортежей полной комбинации, введем понятие согласованного множества кортежей полной комбинации и правила согласования множества кортежей полной комбинации.

Множество кортежей полной комбинации W будет согласованным, если между элементами кортежей K , выполнены определенные правила согласования. Совокупность таких правил определяет способы проверки согласованности множества W . Примером правил согласования кортежей в рамках множеств

W могут служить следующие равенства элементов кортежей:

$$M_1^1 = M_5^s; \quad M_7^1 = M_9^3 \cup M_2^1,$$

а также все другие математические операции над множествами.

Введем еще одну математическую конструкцию, подчеркивающую особое значение центрального множества в системе множеств. Эта особенность центрального множества определяется его взаимосвязью с множеством согласованных кортежей полной комбинации (рис. 3.1.32). Эту взаимосвязь отразим введением графа переходов между элементами центрального множества.

Граф переходов – направленный граф, построенный на элементах центрального множества. В граф переходов не обязательно должны быть включены все элементы центрального множества, но каждая вершина графа переходов может принадлежать только центральному множеству.

Расшифровку условных графических обозначений см. табл. 3.1.10.

Согласование множеств кортежей полной комбинации. Множества кортежей полной комбинации, принадлежащие различным элементам центрального множества, могут быть согласованы, т.е. могут быть установлены отношения равенства между элементами кортежей полной комбинации, принадлежащих различным элементам центрального множества.

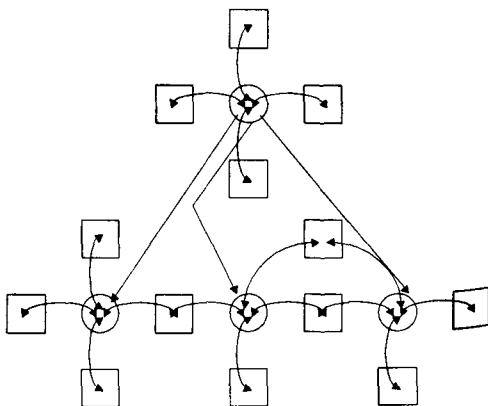
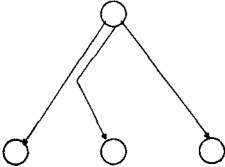
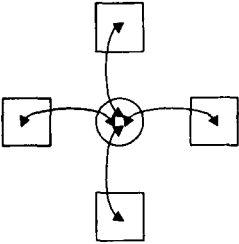


Рис. 3.1.32. Графическая иллюстрация множества согласованных кортежей полной комбинации

3.1.10. Расшифровка условных графических обозначений

Графическое обозначение	Наименование
	– граф переходов
	– полная комбинация элементов (для системы множеств с рангом $s = 5$)
	– правила согласования кортежей в рамках множества кортежей полной комбинации

Элементы множества, принадлежащие множеству, входящему в систему множеств, могут быть упорядочены в виде той или иной направленной ациклической сети (в частном случае в виде графа). Смысл такого упорядочения определяется целями построения системы множеств, однако, при построении семантических сетей, наиболее частая интерпретация отношений узлов графа соответствует отношениям "часть–целое" или "общее–частное".

Применим описанную теоретико-множественную формализацию для конкретного случая.

Формализация элементарной функциональной модели. Применим описанный выше формализм записи и интерпретации для анализа элементарной функциональной модели (ЭФМ). Пример ЭФМ приведен на рис. 3.1.33.

Роль – типовое отношение между объектами в принятом способе описания предметной области.

Элементарная функциональная модель (ЭФМ) – минимальная комбинация основных элементов (ролей) IDEF0-диаграммы, отражающая основные свойства этого способа описания.

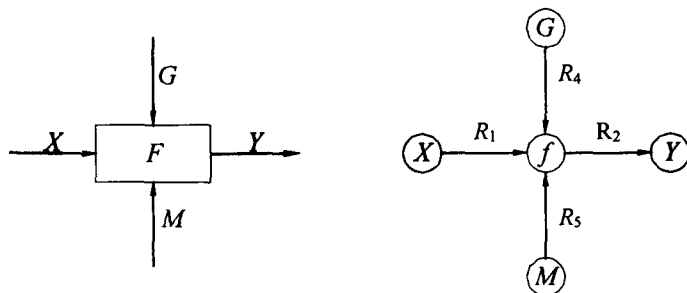


Рис. 3.1.33. Элементарная функциональная модель

В качестве типовых введем следующие отношения.

Отношение "один ко многим".

$R_1 = (X, f_j)$ – роль Вход;

$R_2 = (f_j, Y)$ – роль Выход;

$R_4 = (G, f_j)$ – роль Управление;

$R_5 = (M, f_j)$ – роль Механизм.

Отношение "многие ко многим".

$R_3 = (X, Y)$ – роль Действие,

где X – множество материальных и информационных объектов, использованных в роли Вход в конкретной ЭФМ; Y – множество материальных и информационных объектов, использованных в роли Выход в конкретной ЭФМ; f_j – действие, использованное в роли Действия в конкретной ЭФМ; G – множество информационных объектов, использованных в роли Управление в конкретной ЭФМ; M – множество элементов организационной или производственной структур, использованных в роли Механизм в конкретной ЭФМ.

Сгруппируем материальные объекты в словаре материальных объектов, информационные объекты – в словаре информационных объектов, действия – в словаре действий.

Введем следующие обозначения: F – множество действий f_j , содержащихся в словаре действий; O – множество объектов o_i , содержащихся в словарях материальных и информационных объектов.

Для каждого элемента f_j , принадлежащего множеству F , определим некоторое множество элементов o_i , принадлежащих множеству O , такое, что каждый из o_i может использоваться в роли Вход для действия f_j при построении IDEF0-диаграмм. Определенное таким способом множество $O_{f_j}^{\text{вх}} = \{o_i\}$, $i = 1, 2, \dots, N$ будем называть *областью определения* действия f_j .

Для каждого элемента f_j , принадлежащего множеству F , определим некоторое множество элементов o_i , принадлежащих множеству O , такое, что каждый из o_i может использоваться в роли Выход для действия f_j при построении IDEF0-диаграмм. Определенное таким способом множество $O_{f_j}^{\text{вых}} = \{o_i\}$, $i = 1, 2, \dots, N$ будем называть *областью значений* действия f_j .

Таким образом, для введенных множеств $X, Y, O_{f_j}^{\text{вх}}, O_{f_j}^{\text{вых}}, O$ могут быть определены следующие теоретико-множественные отношения:

$$1. X \in O_{f_j}^{\text{вх}} \in O \text{ для } \forall f_j;$$

$$2. Y \in O_{f_j}^{\text{вых}} \in O \text{ для } \forall f_j.$$

Опишем формализацию задания области определения и области значений действия.

Факт – характерное для выбранной предметной области сочетание двух или более объектов (понятий), имеющее устойчивую семантическую интерпретацию.

Рассматривая факты описанной выше структуры, можно ввести следующую семантическую интерпретацию таких фактов:

– **факты входа** $z^{\text{вх}}$, задающие область определения выбранного действия f_j , где $z^{\text{вх}} = (o_i, f_j)$;

– **факты выхода** $z^{\text{вых}}$, задающие область значений выбранного действия f_j , где $z^{\text{вых}} = (f_j, o_i)$.

Множество фактов входа для действия f_j обозначим как:

$$Z_{f_j}^{\text{вх}} = \{(o_1, f_j), (o_2, f_j), \dots, (o_N, f_j)\}.$$

Множество фактов выхода для действия f_j обозначим как:

$$Z_{f_j}^{\text{вых}} = \{(f_j, o_1), (f_j, o_2), \dots, (f_j, o_M)\}.$$

Проверка корректности построенной ЭФМ на основе множества фактов входа и множества фактов выхода. Введение множества фактов входа и множества фактов выхода для любого действия из словаря действий позволяет осуществлять и формализовать проверку корректности построенной функциональной диаграммы.

Суть предлагаемой проверки состоит в следующем: определим роли в ЭФМ как отображения, т.е. представим роль как кортеж, состоящий из трех множеств:

$R_1 = (X, f_j, X \times f_j)$ – роль Вход;

$R_2 = (f_j, Y, f_j \times Y)$ – роль Выход;

$R_4 = (G, f_j, G \times f_j)$ – роль Управление;

$R_5 = (M, f_j, M \times f_j)$ – роль Механизм.

Использование объектов $x_i \in X$, $y_j \in Y$, $g_k \in G$, $m_s \in M$ в ролях R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 будет корректными, если:

$$X \times f_j \in Z_{f_j}^{\text{вх}};$$

$$f_j \times Y \in Z_{f_j}^{\text{вых}};$$

$$G \times f_j \in Z_{f_j}^{\text{упр}};$$

$$M \times f_j \in Z_{f_j}^{\text{мех}}.$$

Рассмотрим однородную структуру IDEF0-диаграмм (рис. 3.1.34).

Для однородной структуры введем ряд операций, специфических для метода IDEF0:

- операцию декомпозиции множества,
- операцию композиции в рамках однородной структуры.

Рассмотрим формализованное описание операции декомпозиции множеств.

Область конкретизации $\Phi^{\text{конкр}}$ – множество объектов o_i , $o_i \in O$, которое может быть сформировано по следующим принципам:

- общее-частное;
- часть-целое.

Примем, что для материальных и информационных объектов будет использоваться принцип общее-частное.

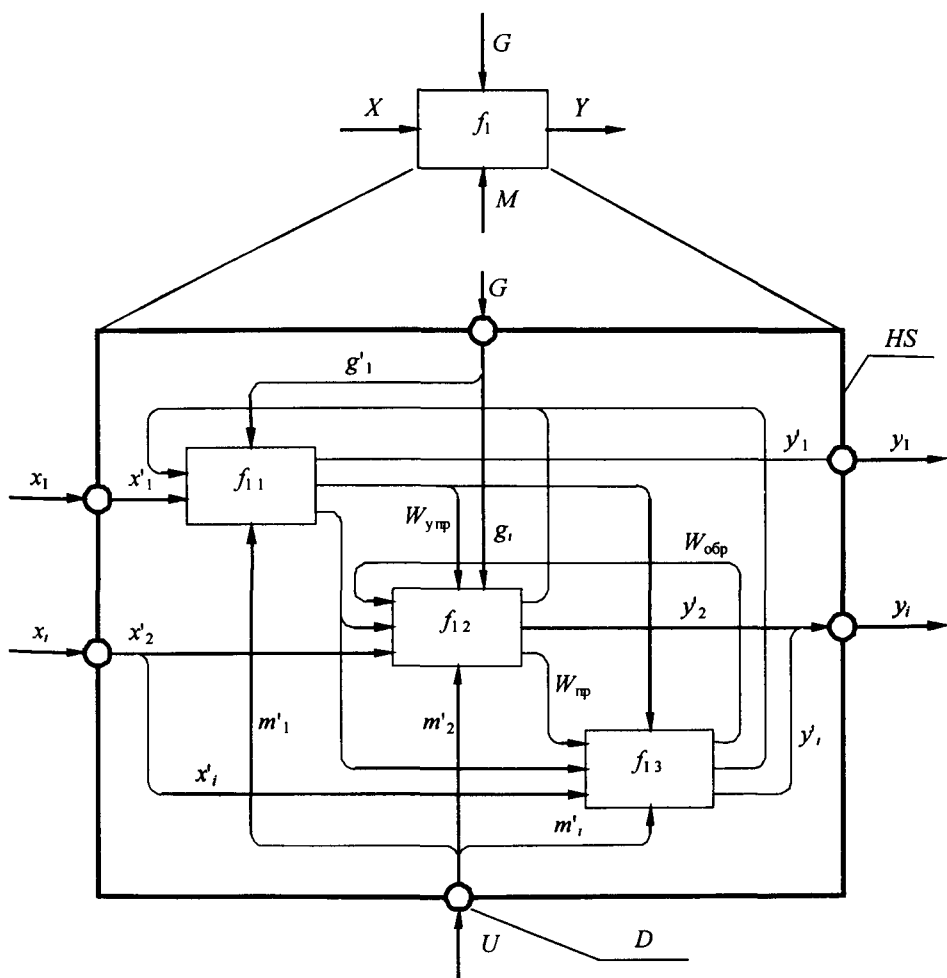


Рис. 3.1.34. Однородная структура IDEF0-диаграмм

Аналогично введенной области конкретизации для материальных и информационных объектов $\Phi^{\text{конкр}}$ может быть введена область конкретизации для действий $F^{\text{конкр}}$, сформированная по принципу часть-целое.

Способы задания $\Phi^{\text{конкр}}$. Область конкретизации может быть задана в следующем виде:

- жестко, т.е. в виде списка, корректность формирования которого целиком ложится на эксперта;
- процедурно, т.е. в виде некоторой автоматизированной выборки понятий из множества O в соответствии с признаками понятий. Корректность такой выборки зависит от корректности присвоения понятиям тех или иных признаков.

Рассмотрим формализованную форму записи декомпозиции множества.

1. Упрощенная форма записи декомпозиции множества:

$$D(X) = X \rightarrow X',$$

где D – оператор декомпозиции; X – множество объектов, подвергаемых декомпозиции; X' – множество объектов, полученных после операции декомпозиции.

2. Детализированная форма записи декомпозиции множества (рис. 3.1.35).

Рассмотрим далее свойства функциональной спецификации IDEF0, считая, что эта спецификация уже построена. Построим для данной функциональной спецификации граф вхождений.

Граф вхождений – направленный граф, вершинами которого являются наименования процессов, составляющих данную функциональную спецификацию, а дуги соответствуют отношениям между процессами "часть-целое", т.е. граф вхождений отражает состав процессов функциональной спецификации с верхнего до нижнего уровней детализации (рис. 3.1.36).

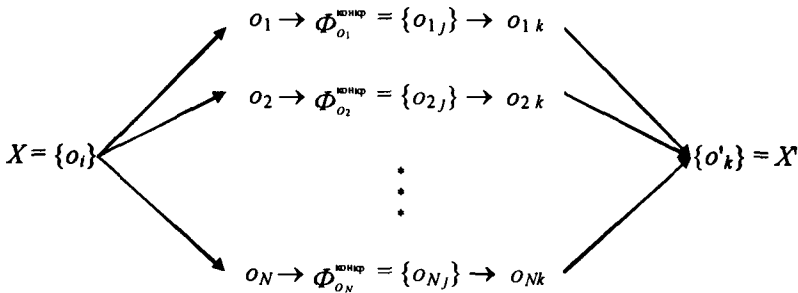


Рис. 3.1.35. Операция декомпозиции множества:

$X = \{o_i\}, i = 1, 2, \dots, N$ – множество объектов, подвергаемых декомпозиции;
 $X' = \{o'_k\}, k = 1, 2, \dots, N$ – множество объектов, полученных после операции декомпозиции

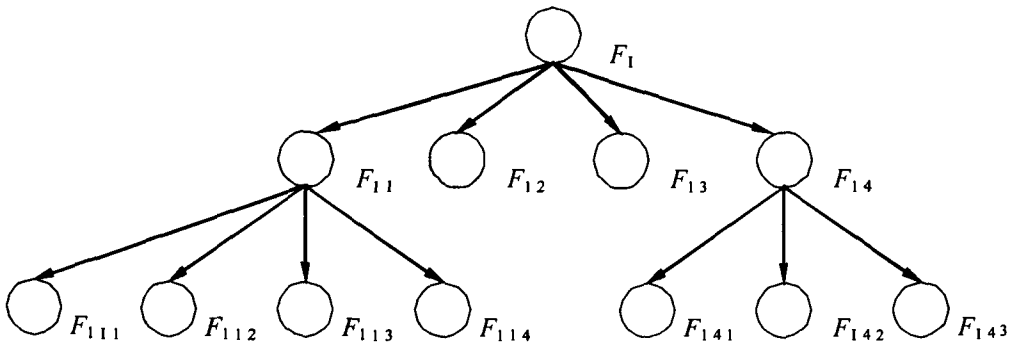


Рис. 3.1.36. Граф вхождений функциональной IDEF0-модели

В случае, если самый верхний уровень функциональной спецификации представлен одним процессом, то граф вхождений превращается в "дерево". Если это условие не выполняется, то граф вхождений может быть доопределен до "дерева" путем добавления в функциональную спецификацию процесса верхнего метауровня. Из всей содержащейся в функциональной спецификации информации в данном случае существенным является только состав процессов, что и отражено в направленном графе вхождений для иерархически организованной функциональной спецификации IDEF0.

Введем еще несколько определений, характеризующих граф вхождений.

Сечение графа вхождений – сечением графа (рис. 3.1.37) вхождений будем называть такое подмножество вершин графа вхождений, для которого справедливы следующие два условия:

- при нисходящем перемещении из корневой вершины графа в разрешенном направлении по его дугам к любой из терминальных вершин обязательно должна присутствовать вершина, принадлежащая данному множеству;
- для любой разрешенной траектории перемещения из корневой вершины до терминальной только одна вершина, лежащая на этой траектории, может принадлежать данному подмножеству.

Данное определение справедливо не только для дерева, но для любого направленного ациклического графа конечной размерности, имеющего конечную (корневую) вершину, т.е. вершину, для которой множество входящих дуг пусто.

Математически любой граф (в том числе и граф вхождений) можно определить в виде:

– двух множеств X и Y . При таком определении граф $G = (X, Y)$, где X – множество вершин графа, Y – множество дуг графа;

– множества X и отображения Γ , заданного на множестве X . При таком определении граф $G = (X, \Gamma)$, где X – множество вершин графа, Γ – отображение, заданное на множестве вершин графа.

Сечением графа вхождений (рис. 3.1.37) назовем подмножество $X_1 \in X$, сформированное таким образом, что:

1. $\Gamma^s x \cap X_1 = \emptyset$, где $s = 1, 2, \dots, N, x \in X_1$.
2. Любая вершина, принадлежащая графу X , но не принадлежащая X_1 , может быть получена за счет заданного отображения Γ , т.е. для любого $a \in Z$, где $Z = X / X_1$ существует такое $x \in X_1$, что $a = \Gamma^k x$, где k – целое число (положительное или отрицательное) $k \neq 0$.

Сечение функциональной спецификации – это плоская IDEF0-подобная функциональная спецификация, построенная на основе выбранного сечения графа вхождений, в которой для каждой вершины графа вхождений указаны все входные, выходные, управляющие стрелочки и стрелочки механизмов поддержки, присутствующие в исходной функциональной спецификации и связывающие вершины графа вхождений.

Развертывание сечения функциональной спецификации – преобразование сечения функциональной спецификации в сетевой график, характеризующий временную последовательность выполнения процессов и содержащий временные характеристики выполняющихся процессов.

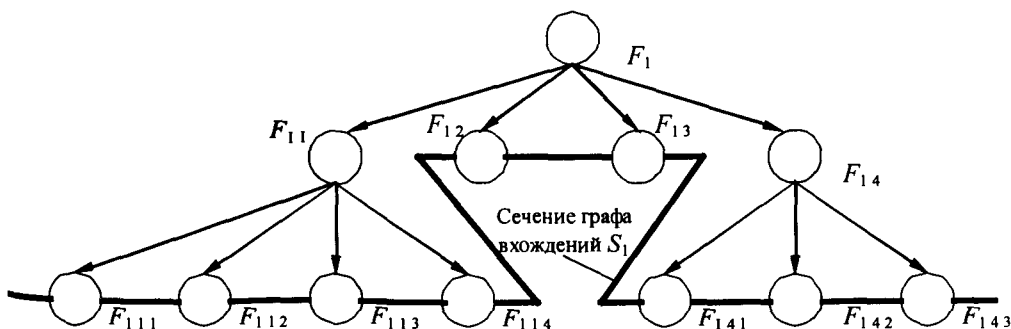


Рис. 3.1.37. Сечение графа вхождений

В целом, дополнение функциональных спецификаций их временными характеристиками может осуществляться в следующей последовательности:

1. Выбор сечения функциональной спецификации.
2. Проверки целостности выбранного сечения.
3. Развертывание выбранного сечения.
4. Представление развернутого сечения функциональной спецификации в виде сетевых графиков и графиков Ганта.

Применение сетевой модели в качестве второй компоненты модели проекта призвано обеспечить четкое формирование ключевых событий, последовательность их свершения и определить взаимосвязь ключевых событий с

работами, представленными в функциональной модели IDEF0.

Метод развертывания функциональной модели IDEF0 проекта в сетевую модель проекта проиллюстрирован на рис. 3.1.38 – 3.1.41.

Первый шаг развертывания IDEF0-модели – устранение ветвления стрелочек.

Второй шаг развертывания IDEF0-модели – устранение циклов (петель обратной связи) в IDEF0-диаграмме.

Для математической формализации вершины сетевой модели проекта обозначим через $x_1, \dots, x_n, \dots, x_m$ а через $R_1, \dots, R_m$ работы, предусмотренные сетевой моделью, $R_i = (x_k, x_j)$. Будем считать, что сетевая модель проекта начинается с вершины x_1 и заканчивается в вершине x_n .

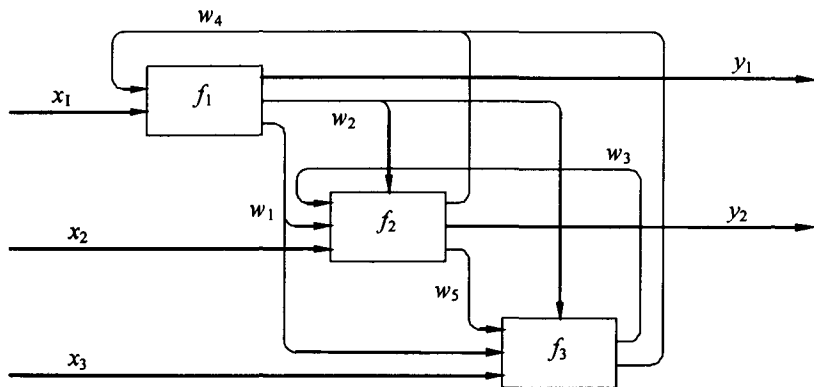


Рис. 3.1.38. Пример функциональной IDEF0-модели

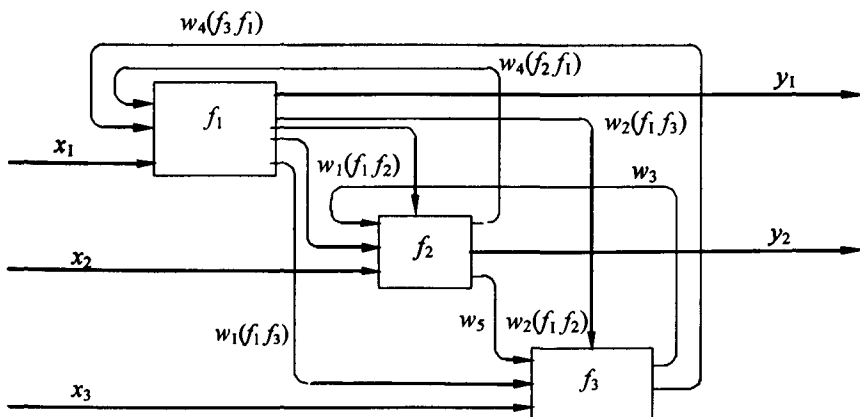


Рис. 3.1.39. Первый шаг развертывания функциональной IDEF0-модели

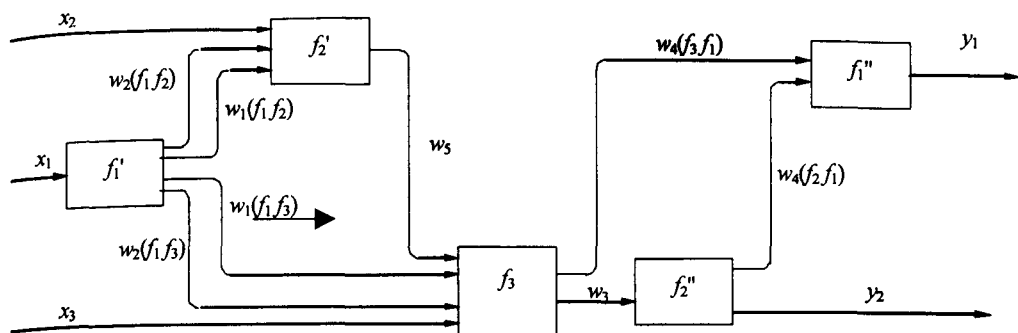


Рис. 3.1.40. Второй шаг разворачивания функциональной IDEF0-модели

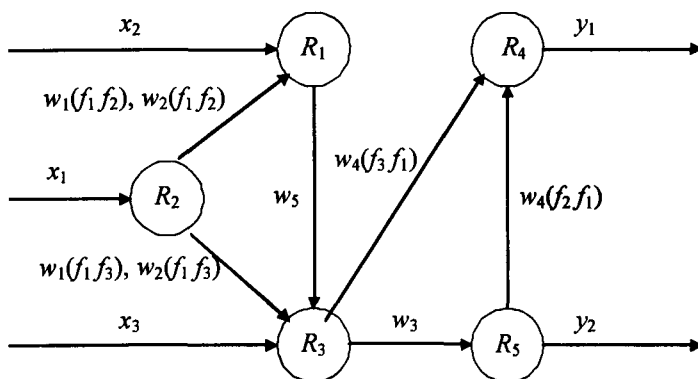


Рис. 3.1.41. Сетевая модель проекта:

○ – графическое обозначение работы,

→ – графическое обозначение события "Ресурсы доступны"

Предложенная трехкомпонентная модель проекта должна предусматривать методы количественной оценки временных и материальных затрат. Кроме этого, должна быть разработана система интегральных показателей, позволяющих на единой основе оценить различные варианты реализации проекта.

К числу критериев, применимых для оценки проекта, могут относиться:

– себестоимость выполнения проекта S_{Σ}^{Σ} проекта;

– время выполнения проекта в целом T_{Σ} .

Основные показатели и ограничения, учитываемые при выборе участников проекта и распределении работ между ними, представлены в табл. 3.1.11.

Оптимизация состава участников проекта и разработка метода распределения работ между ними в условиях уже существующей производственной программы нескольких предприятий-участников ВП осуществляется на основе сетевой модели проекта.

Исходными данными являются:

1. Сетевая модель проекта.
2. Перечень предприятий, возможных участников ВП, и существующая загруженность их производственных фондов.
3. Множество работ, которые необходимо произвести для выполнения проекта.
4. Множество подрядчиков.
5. Каждый подрядчик P_j характеризуется множеством работ $R_{nj} \in R$, которые он может выполнить.

3.1.11. Система показателей, учитываемых при выборе подрядчиков проекта

Наименование показателя	Способ учета показателя
1. Условия подрядчиков	
1.1. Зависимость стоимости выполнения работы от ее срочности	График зависимости стоимости работы от сроков ее выполнения
1.2. Возможность скидок за увеличение объемов работы	График зависимости стоимости работы от объемов работы
2. Свойства подрядчиков	
2.1. Надежность выполнения подрядчиком своих обязательств	Коэффициент надежности подрядчика K_n
2.2. Качество работ	Коэффициент качества работ K_k
2.3. Возможность дальнейшего сотрудничества	Коэффициент возможностей дальнейшего сотрудничества K_c
3. Календарные и временные ограничения, учитываемые при выборе подрядчиков проекта	
3.1. Полный период времени выполнения проекта	T_Σ
3.2. Календарные даты начала и окончания проекта	$t_\Sigma^{\text{нач}}, t_\Sigma^{\text{оконч}}$
3.3. Календарные даты начала или окончания выполнения каждой работы в проекте	$t_{R_i}^{\text{нач}}, t_{R_i}^{\text{оконч}}$
3.4. Календарные даты начала или окончания участия каждого подрядчика в проекте	$t_{П_j}^{\text{нач}}, t_{П_j}^{\text{оконч}}$

6. Каждый подрядчик характеризуется загруженностью его производственных фондов по каждому виду оборудования, необходимому для выполнения работ по проекту.

7. Для каждой работы R_i вводится множество вариантов ее размещения.

В последнее десятилетие наблюдается четкая тенденция к группировке и централизации управления всей системой материалопотока. Такой подход дает механизм внутрифункциональной кооперации в организационной структуре, что позволяет снимать многие конфликты между различными подразделениями. Кроме того, централизация обеспечивает определенные выгоды в области консолидации поставок, более эффективного анализа издержек. Форма группировки и степень централизации зависят от номенклатуры поставок, существующей транспортной инфраструктуры и рыночной среды.

При разработке стратегии реализации проекта транспортно-логистическая политика должна являться частью общей хозяйственной стратегии, создаваться и изменяться в неразрывном единстве с ней. При разработке стратегии создания транспортно-логистической системы должны учитываться: транспортные операции и издержки, управление запасами, подэмно-транспортные работы, плановые и контрольные системы, общая организация работ.

Рассмотрим процесс формирования системы линейных уравнений и неравенств, описывающих сетевую модель проекта.

Целью предлагаемой методики является оценка и поиск оптимальных решений по подбору времени выполняемых работ во взаимной увязке со стоимостью этих работ.

При выполнении любого проекта может быть построена "кривая стоимости проекта", отражающая зависимость себестоимости вы-

полнения проекта от срочности выполнения тех или иных работ.

Сетевая модель проекта представляет собой множество упорядоченных работ, причем эта упорядоченность возникает из технологических ограничений, требующих, чтобы одни работы были закончены, прежде чем начнутся некоторые другие. Можно предположить, что каждой работе соответствует нормальное время и аварийное время ее выполнения и что стоимость выполнения данной работы линейно меняется в промежутке между этими двумя сроками. В этих условиях представляются возможности подсчитать наименьшую стоимость выполнения всех работ при условии, что весь проект должен быть закончен в заданный промежуток времени. Таким образом может быть сформирована каждая точка кривой стоимости проекта. Решая эту задачу для всех допустимых промежутков времени, можно получить полную кривую стоимости проекта.

Для построения кривой стоимости проекта будем считать, что все необходимые бизнес-процессы уже представлены в виде ориентированной сети, дуги которой соответствуют работам, а узлы – событиям. Эта сеть не должна содержать в себе направленных циклов.

Математическая формализация условий подрячков. При реализации проектов условия подрячков могут варьироваться в определенных пределах, определяемых системой скидок:

$$S_{R_i}(\tau) = S_{R_i}^{\max} - f_{R_i}^s,$$

где $S_{R_i}(\tau)$ – стоимость работы R_i ; $S_{R_i}^{\max}$ – наибольшая стоимость выполнения работы R_i подрядчиком Π_j ; $f_{R_i}^s$ – скидки, предоставляемые подрядчиком Π_j за продление сроков и увеличение объемов работы R_i .

Систему скидок, предоставляемую каждым подрядчиком Π_j для работы R_i , можно представить в виде зависимости $f_{R_i}^s = f_{R_i}^s[\tau]$. Рассмотрим различные возможные случаи этой зависимости:

$$f_{R_i}^s[\tau] = \begin{cases} 0, & \text{при } \tau = \tau_{\min} \\ \Delta S, & \text{при } \tau = \tau_{\max} \end{cases},$$

для случая дискретной зависимости стоимости выполнения $f_{R_i}^s$ работы R_i от периода ее выполнения τ .

$$f_{R_i}^s[\tau] = c(R_i)\tau,$$

для случая линейной зависимости стоимости выполнения $f_{R_i}^s$ работы R_i от периода ее выполнения τ , где $c(R_i)$ – коэффициент линейной зависимости.

$$f_{R_i}^s[\tau] = \begin{cases} c_1(R_i)\tau, & \text{при } \tau_{\min} \leq \tau < \tau^* \\ c_2(R_i)\tau, & \text{при } \tau^* \leq \tau \leq \tau_{\max} \end{cases},$$

для случая кусочно-линейной зависимости стоимости выполнения $f_{R_i}^s$ работы R_i от периода ее выполнения τ , где $c_1(R_i)$, $c_2(R_i)$ – коэффициенты линейной зависимости.

Систему скидок, предоставляемую каждым подрядчиком Π_j за увеличение объемов работы R_i , поручаемой данному подрядчику, представим в виде зависимости удельной себестоимости работы R_i от объемов этой работы, поручаемой данному подрядчику Π_j .

$$c_i(R_i) = c_i^{\max}(R_i)K_v,$$

где K_v – коэффициент влияния объемов поручаемой работы на себестоимость.

В случае выполнения одной работы несколькими подрядчиками может быть построена суммарная зависимость $f_{R_i}^s = f_{R_i}^s[\tau]$ на основе исходных зависимостей для каждого подрядчика $f_{R_i}^s = f_{R_i}^s[\tau]$, способа организации работ и доли участия каждого подрядчика.

Для каждого возможного варианта привлечения подрядчиков $K_j = \{\Pi_1, \dots, \Pi_N\}$ к проекту запишем систему линейных уравнений и неравенств, сформулируем критерий локальной оптимизации.

Запишем для каждого подрядчика Π_j предоставляемые им скидки за увеличение сроков выполнения объемов поручаемых работ в виде:

$$S_{R_i}(\tau) = S_{R_i}^{\max} - f_{R_i}^s[\tau].$$

Итак, если обозначить через $T_{\text{проекта}}$ полный временной период выполнения проекта, то нужно максимизировать функцию

$$\Delta S = \sum_{R_i} f_{R_i}^s(\tau) \rightarrow \max,$$

описывающую получение наибольшей суммарной скидки по всем работам в рамках про-

екта, исходя из условий подрядчиков, для заданного варианта привлечения подрядчиков. Система уравнений и неравенств, описывающая сетевую модель проекта, имеет вид:

$$\tau[R_i(x_k, x_j)] + T(x_k) - T(x_j) \leq 0,$$

$$-\tau(x_i) + \tau(x_n) \leq T_\Sigma,$$

$$\tau[R_i(x_k, x_j)] \leq \tau_{\max},$$

$$-\tau[R_i(x_k, x_j)] \leq -\tau_{\min}.$$

После проведения локальной оптимизации стоимость проекта $S_{\text{проекта}}^{K_j}$ для каждой конкретной комбинации подрядчиков $K_j = \{P_1, \dots, P_N\}$ определяется по формуле:

$$S_{\text{проекта}}^{K_j} = \sum_{R_i} S_{R_i, P_j}^{\text{срочн}} - \Delta S.$$

Глобальный критерий оптимизации, т.е. критерий оптимизации по всему множеству комбинаций подрядчиков $K = \{K_1, \dots, K_n\}$, может быть записан в виде:

$$S_{\text{проекта}}^\Sigma = \min S_{\text{проекта}}^{K_j}, \quad j = 1, \dots, n.$$

Учет календарных ограничений, накладываемых на сроки выполнения каждой работы R_i и сроки начала/окончания работ в проекте, ведется каждым из подрядчиков P_j .

Комплексная логистическая модель проекта исследования возможных вариантов реализации и анализ устойчивости проекта. Виртуальные предприятия, создающиеся как временные объединения для реализации совместных проектов, характеризуются значительным количеством аспектов совместной производственно-хозяйственной деятельности, взаимосогласованность которой в значительной степени определяет успешность выполнения проекта в целом. В силу этого, достижение взаимосогласованности решений различных специалистов, участвующих в организации проекта и управлении проектом, является важнейшей задачей при создании ВП и может быть выделено в самостоятельный этап работ. Результатом выполнения такого этапа работ должна стать комплексная логистическая модель ВП, содержащая в себе все организационно-технические данные, проработанные до степени подробности, достаточной для организации и последующего управления проектом в

рамках ВП. Кроме этого, комплексная модель ВП должна обеспечить согласованность всех организационно-технических данных за счет наглядности представления экспертных решений, совокупности процедур формальных проверок, развитой базы знаний, методик количественных оценок и динамического моделирования ВП.

Этапы построения комплексной модели проекта. Построение функциональных IDEF0-моделей.

IDEF0-подобные функциональные спецификации предназначены для структурированного описания процессов, протекающих в сложных иерархических системах, к которым относятся в том числе и ВП.

Основной принцип, заложенный в спецификациях IDEF0-подобных функциональных спецификациях, состоит в их пошаговой нисходящей декомпозиции до уровня, необходимого для целей функционального моделирования (рис. 3.1.42). Каждый шаг декомпозиции соответствует некоторому уровню абстракции представления процессов в ВП. Разработка функционального аспекта интегрированной модели ВП – это создание IDEF0-подобных функциональных спецификаций с помощью набора графических элементов, помеченных предложениями на естественном языке, и правил их согласования в виде графических диаграмм, описывающих жизненный цикл проекта в составе ВП на одном или нескольких уровнях абстрагирования.

Функциональный аспект интегрированной модели ВП представляет собой иерархически организованную сложную функциональную спецификацию соответствующего уровня иерархии, называемую декомпозицией функции верхнего уровня.

IDEF0 – это способ графического представления функциональной модели предметной области. Суть этого способа состоит в:

1. Формировании функциональной модели выбранной предметной области на наиболее общем уровне детализации.
2. Дальнейшей пошаговой детализации каждого ранее сформированного уровня.

Имея уже построенную функциональную IDEF0-модель, рассмотрим способы представления дополнительных исходных данных, обеспечивающих формирование состава участников проекта и распределения работ между ними, на основе сетевой модели проекта, полученной путем развертывания IDEF0-модели.

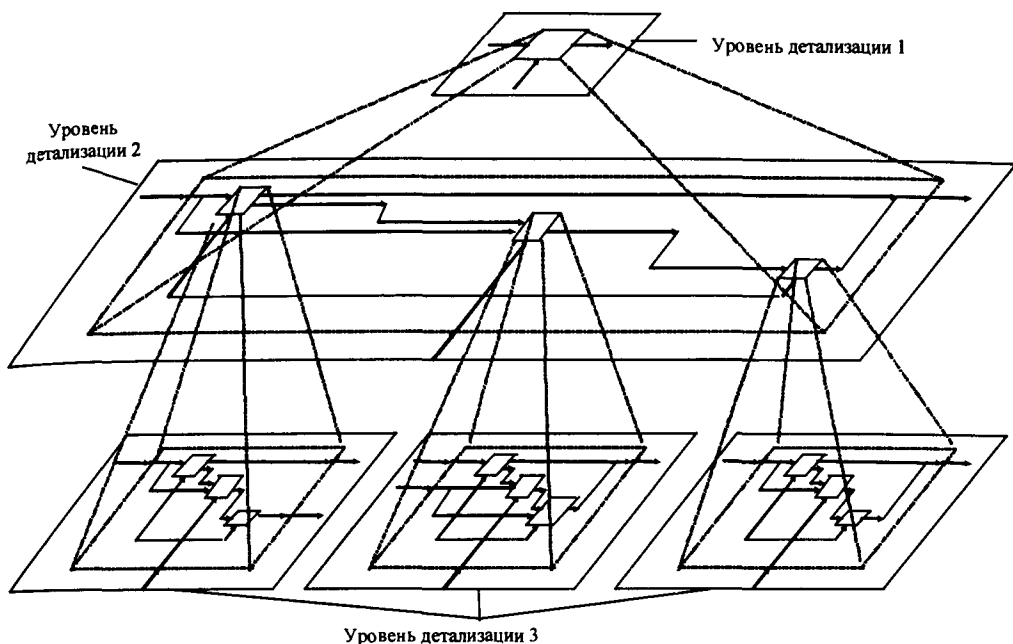


Рис. 3.1.42. Пример нерархической функциональной IDEF0-модели проекта

Исходные данные, описывающие условия подрячков, удобно представить в виде сводной таблицы условий подрячков (табл. 3.1.12), которая содержит:

1. Перечень предприятий, возможных участников проекта P_j .

2. Условия, предъявленные возможными участниками проекта, а именно:

2.1. Перечень работ по проекту, за выполнение которых берется каждый из подрячков P_j .

2.2. Зависимость стоимости каждой работы R_i по каждому подрячку P_j от срочности выполнения этой работы.

2.3. Зависимость стоимости каждой работы R_i по каждому подрячку P_j от объемов каждой работы R_i , порученной данному подрячку.

Для решения задачи исследования области возможных вариантов реализации проекта применимы методы выбора подрячков и распределения работ между ними. Зададим достаточно широкий интервал времени от $T_{\min}$ до $T_{\max}$ выполнения проекта и для каждой точки этого интервала решим задачу оптимизации $S_{\text{проекта}} \rightarrow S_{\min}$.

В результате решения задачи оптимизации для каждого $T_{\min} \leq T \leq T_{\max}$ будет получено оптимизированное значение $S_{\text{проекта}}$. Представим все полученные значения $S_{\text{проекта}}$ в реализации проекта, прошедшие первый этап оптимизации в виде функции

$$S_{\text{проекта}} = S_{\text{проекта}}(T).$$

Полученная функция дает наглядное представление всех возможностей построения функции

$$S_{\text{проекта}} = S_{\text{проекта}}(t),$$

где t — календарное время выполнения проекта.

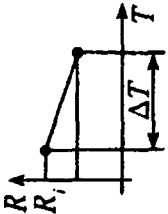
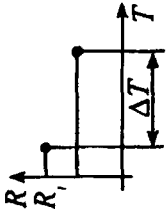
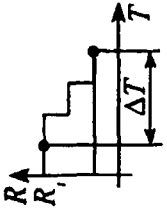
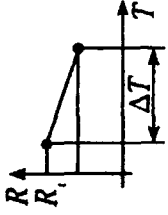
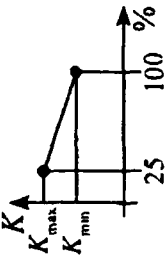
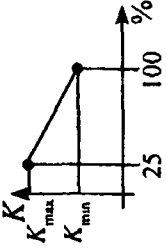
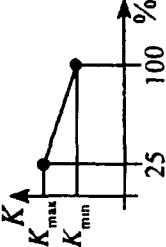
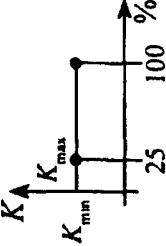
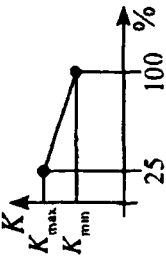
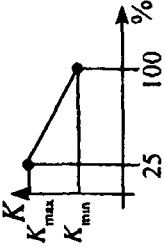
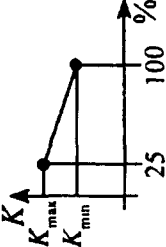
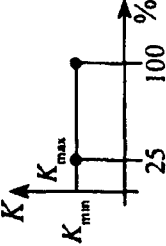
Пример построения кривых стоимости проекта на основе сетевой модели проекта показан на рис. 3.1.43.

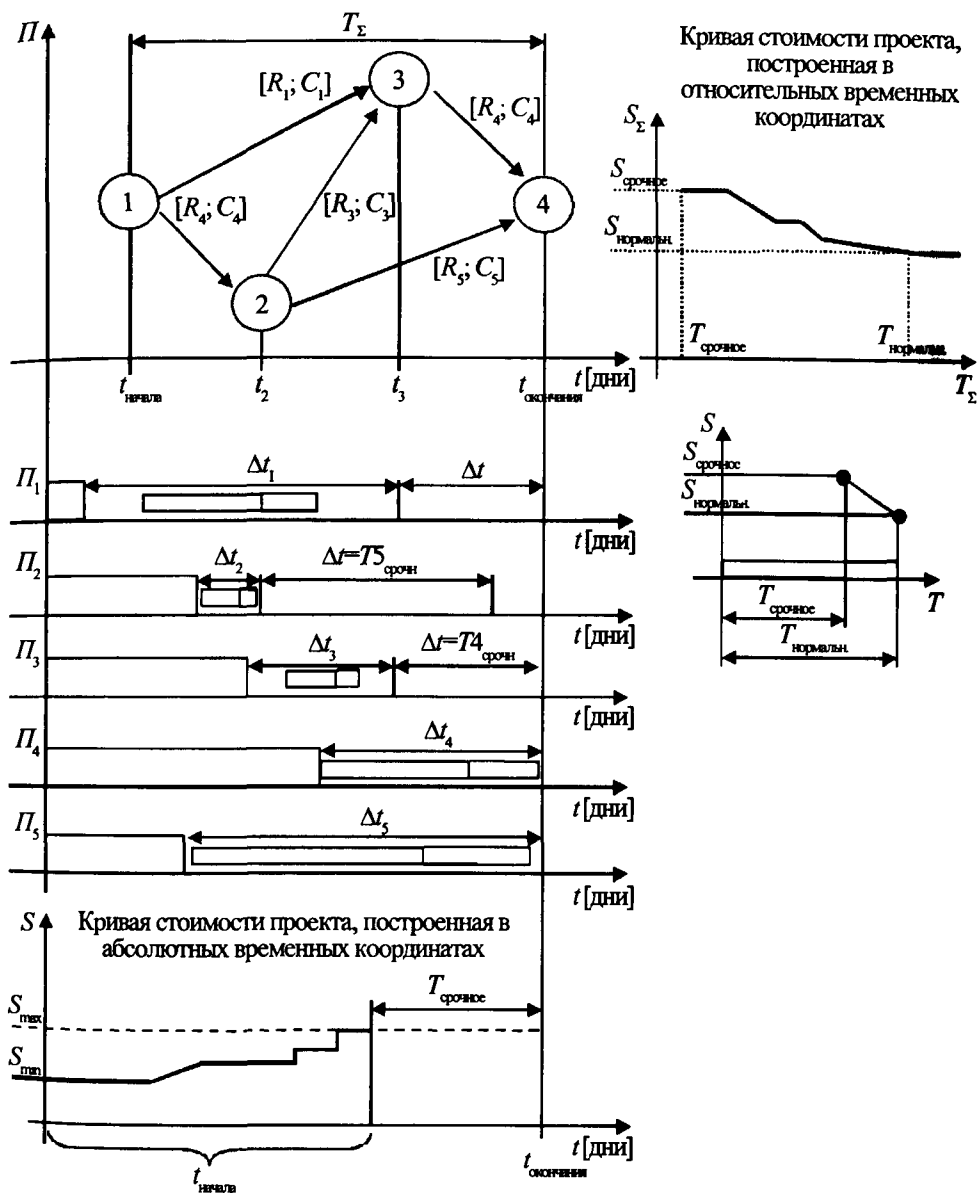
Рассматривается процесс формирования логистической модели проекта, выбор подрячков на основе интегрального критерия оптимизации.

Логистическая модель проекта — совокупность цепочек поставок $C_{ij}(P_i \rightarrow P_j)$, обеспечивающая материальный поток в рамках проекта.

Общая схема прохождения материалотока в проекте показана на рис. 3.1.44.

3.1.12. Сводная таблица условий подрядчиков

Возможные участники проекта Π_j	Подрядчик Π_1		***	Подрядчик Π_N	
	R_1	R_2		R_2	R_4
Работы R_i , выполняемые подрядчиком Π_j			***		
Зависимость стоимости выполнения работы от срочности ее выполнения			****		
Зависимость стоимости выполнения работы от объема работы			****		


 Рис. 3.1.43. Построение кривых стоимости проекта на основе его сетевой модели (t , дни)

Логистическая система ВП должна иметь единую логистическую структуру и обеспечивать централизованное управление перемещением грузов в ходе выполнения проекта. Централизованное использование собственного транспортного и складского хозяйств, привлечение арендуемых транспортных средств и

складских площадей при интегрированном планировании и управлении логистическими операциями в рамках ВП способно существенно повысить стабильность выполнения проекта и обеспечить четкое соответствие между реальным и запланированным расходом средств. Логистическая система ВП должна

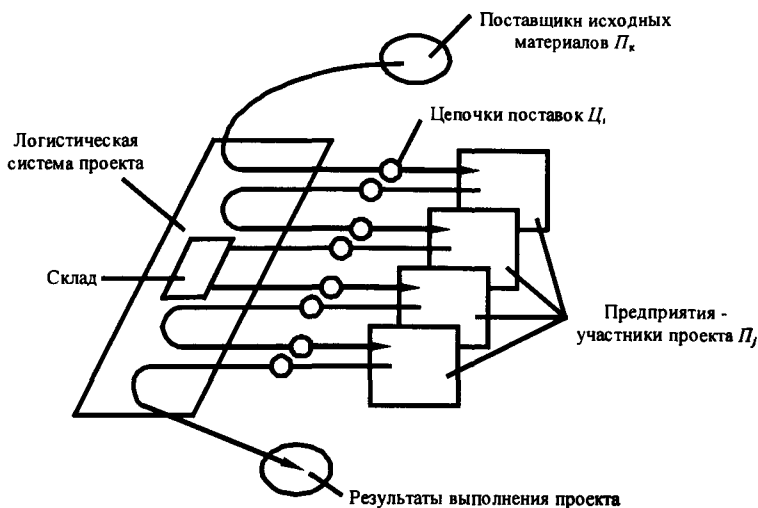


Рис. 3.1.44. Логистическая модель проекта

строиться как самостоятельная компонента ВП, вносящая свой вклад в кривую стоимости выполнения проекта.

Модель логистической системы ВП должна увязать самостоятельные модели предприятий – участников проекта, в единый моделирующий комплекс, описывающий как выполнение проекта внутри производственной структуры каждого из участников ВП, так и цепочки поставок между предприятиями – участниками проекта.

Рассмотрим интегральный критерий формирования состава участников проекта.

Смысл интегрального критерия формирования состава участников проекта состоит в сведении всего множества показателей, используемых для выбора подрядчиков проекта к единому, интегральному показателю.

Исходя из кривой стоимости проекта, для каждой комбинации подрядчиков K_i могут быть определены наименьший период времени $T_{K_i}^{\min}$ и наибольший период времени $T_{K_i}^{\max}$, в течении которого эти подрядчики могут реализовать проект. В рамках каждой комбинации подрядчиков может быть решена задача оптимизации себестоимости выполнения проекта по критерию:

$$\begin{aligned} S_{\text{проекта}}(T) + ET - E_{\text{вн}}(T_{K_i}^{\max} - T) \rightarrow \\ \rightarrow \min T_{K_i}^{\min} \leq T \leq T_{K_i}^{\max}, \end{aligned}$$

где $S_{\text{проекта}}(T)$ – исходная зависимость себестоимости выполнения проекта от сроков его выполнения; E – дисконтная процентная ставка; $E_{\text{вн}}$ – внутренняя норма доходности проекта.

Результатом оптимизации будут значения $S_{K_i}^{\text{опт}}$, $T_{K_i}^{\text{опт}}$ для каждой комбинации подрядчиков K_i .

Для окончательного выбора комбинации подрядчиков воспользуемся интегральным критерием, учитывающим свойства подрядчиков. Каждая комбинация подрядчиков $K_n \in K'$, $K_n = \{P_1, \dots, P_N\}$ может быть оценена по интегральному критерию оптимальности $I(K_n)$.

$$I(K_n) = \sum_{P_i} \sum_j \alpha_j K_j^{P_i} + \sum_m \alpha_m I_{\text{проекта}}^{K_n},$$

где α_j – весовые коэффициенты свойств подрядчиков P_j ; α_m – весовые коэффициенты интегральных характеристик проекта $I_{\text{проекта}}^{K_n}$, а именно: срока выполнения проекта $T_{K_i}^{\text{опт}}$ и себестоимости проекта $S_{K_i}^{\text{опт}}$; $K_j^{P_i}$ – значения коэффициентов, характеризующих свойства подрядчиков P_j .

Выделяется для рассмотрения также вероятностная оценка устойчивости проекта.

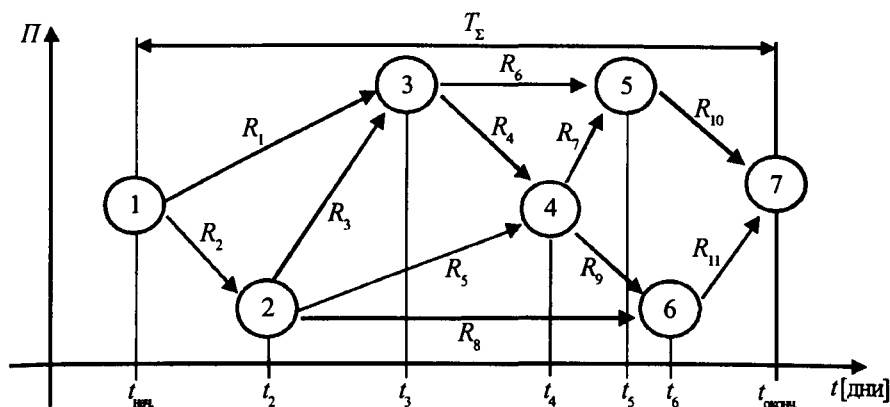


Рис. 3.1.45. Сетевая модель проекта

Цель методов вероятностной оценки устойчивости проекта состоит в анализе всех путей от начального события сетевой модели до конечного события с точки зрения вероятной длительности совершения всех работ на выбранном пути (рис. 3.1.45). Вероятность выполнения всех работ для каждого возможного пути за период выполнения проекта должна быть меньше вероятности выполнения всего проекта за тот же период.

В качестве основных могут быть рассмотрены следующие вероятностные законы распределения:

1. Нормальный закон распределения.
2. Распределение Вейбулла.
3. Гамма-распределение.

Для всех дальнейших расчетов выберем нормальный закон распределения (табл. 3.1.14).

Основными этапами оценки устойчивости проекта являются:

1. Формирование множества путей $L = \{l_j\}$, $j = 1, M$ от начального события сетевой модели до конечного события.
2. Определение потребной вероятности для каждой работы R_i по формуле

$$P_j^{R_i} = M \sqrt{P_{\text{проекта}}},$$

где M – число работ R_i в выбранном пути l_j .

3. Выполнение неравенства

$$P_j^{R_i} < P_{\text{проекта}}.$$

Исходя из имеющегося закона распределения, получим T^{R_i} , т.е. такое T^{R_i} , при котором вероятность выполнения работы R_i равна $P_j^{R_i}$.

3.1.14. Основные параметры, учитываемые при вероятностной оценке устойчивости проекта

Задаваемые параметры для каждой R_i	Полученное вероятностное распределение для каждой R_i
T_{R_i} – принятая длительность работы R_i P_{R_i} – вероятность выполнения работы R_i за время T_{R_i} $T_m^{R_i}$ – математическое ожидание работы R_i	$\varphi_{T_m^{R_i}, \sigma}(T_{R_i}) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(T - T_m^{R_i})^2}{2\sigma^2}}$

4. Вычисление $\sum_i T_i^{R_i}$ $i = 1, g$, где g –

число работ в рассматриваемом пути.

Если $\sum_i T_i^{R_i} \leq T_{\text{проекта}}$, то критерий ус-

тойчивости считается выполненным.

Критерий устойчивости проекта: каков бы ни был критический путь в сетевой модели проекта, вероятность выполнения всего проекта за интервал времени $T_{\text{проекта}}$ должна быть не ниже заданной вероятности $P_{\text{проекта}}$.

Расчет устойчивости проекта может быть проведен в следующей последовательности:

1. Сформируем множество путей $L = \{l_i\}$ $i = 1, n$ от начального события сетевой модели до конечного события.

2. Для каждой работы R_i зададим: $T_i^{R_i}$ – рассчитанное время выполнения работы R_i ;

$K_n^{R_i}$ – коэффициент надежности выполнения работы R_i ; $0 < K_n^{R_i} < 1$; $T_m^{R_i}$ – математическое ожидание времени выполнения работы R_i .

3. По заданным параметрам каждой работы R_i определим закон распределения:

$$\varphi_{T_m^{R_i}, \sigma}(T) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(T-T_m^{R_i})^2}{2\sigma^2}}.$$

4. Если $K_n^{R_i} = 1$, примем $K_n^{R_i}$ равным $\approx 0,99$, т.е. примем доверительный интервал $\Delta = \pm 3\sigma$.

5. Определим требуемую вероятность каждой работы R_i . В общем случае имеет место следующая взаимосвязь между вероятностью реализации проекта $P_{\text{проекта}}$ за время $T_{\text{проекта}}$:

$$P_{\text{проекта}} = \prod_{j'} P_j^{R_i},$$

для дальнейших расчетов можно принять $P_j^{R_i} = \sqrt[M]{P_{\text{проекта}}}$, где M – число работ в выбранном пути l_i .

6. Рассмотрим взаимосвязь между $P_j^{R_i}$ и $T_j^{R_i}$, в соответствии с нормальным законом распределения

$$P_j^{R_i} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^T e^{-\frac{(T-T_m^{R_i})^2}{2\sigma^2}} dT.$$

Описанная зависимость не может быть выражена с помощью элементарных функций, поэтому для расчетов необходимо воспользоваться табличными значениями зависимости

$$P_j^{R_i} = P_j^{R_i}(T).$$

7. Исходя из имеющегося закона распределения, получим T^{R_i} , т.е. такое T^{R_i} , при котором вероятность выполнения работы R_i равна $P_j^{R_i}$.

8. Вычислим

$$\sum_i T_i^{R_i}, \quad i = 1, l,$$

где l – число работ в рассматриваемом пути. Если

$$\sum_i T_i^{R_i} \leq T_{\text{проекта}},$$

то критерий устойчивости считается выполненным.

Страховой запас проекта представляет собой зарезервированный объем финансовых средств, предназначенный для обеспечения требуемой устойчивости проекта, вне зависимости от свершения неблагоприятных незапланированных событий.

Проект устойчив, если величина страхового запаса $S_{\text{проекта}}^{\text{стр}}$ достаточна для завершения проекта за период $T_{\text{проекта}}$ с вероятностью $P_{\text{проекта}}$.

Выделятся следующие этапы расчета требуемого страхового запаса проекта.

1. Формирование множества путей l_j ,

для которых $P_{l_j} < P_{\text{проекта}}$.

2. Определение потребных значений $P_{R_i}^{\text{потр}}$ в рамках каждого пути l_j и соответствующих сроков выполнения работ R_i :

$$P_{R_i}^{\text{потр}} = \sqrt[M]{P_{\text{проекта}}},$$

где $P_{R_i}^{\text{потр}}$ – потребная величина вероятности выполнения работы R_i ; $P_{\text{проекта}}$ – потребная величина вероятности выполнения проекта в целом за период $T_{\text{проекта}}$.

3. Расчет потребного страхового запаса ΔS_{I_j} для каждого пути I_j .

$$\Delta S_{I_j} = \sum_i \Delta S_{R_i}, \quad i = 1, \dots, M,$$

где ΔS_{R_i} – увеличение стоимости работы R_i , вызванное сокращением сроков выполнения работы R_i или привлечением дополнительных подрядчиков для ее выполнения; ΔS_{I_j} – суммарное увеличение стоимости выполнения всех работ на данном пути I_j .

4. Выбор $\max \Delta S_{I_j}$.

Организационная структура и основные функции виртуальной администрации проекта (ВАП). Рассмотрим подробнее организационную схему и основные функции ВАП (рис. 3.1.46).

Уровень принятия решений. Собрание акционеров/инвесторов проекта определяет финансовую политику проекта и из числа своих членов создает Совет Директоров, утверждает Председателя Совета Директоров.

Совет Директоров предназначен для осуществления функций контроля за реализацией намеченной программы проекта.

В качестве рабочего органа Совета Директоров создается Руководящий Комитет Проекта (далее РКП), наделенный контролирующе-рекомендательными функциями.

Руководящий Комитет Проекта создается для проведения регулярных заседаний по рассмотрению возникающих в проекте проблем, а именно:

- административные вопросы;
- вопросы технического развития;
- верификация планов реализации проекта;
- согласование мероприятий по изменению намеченных планов;
- принятие детализированных долгосрочных и краткосрочных планов.

В состав РКП могут входить:

- Генеральный Директор строительства;
- заместитель Генерального Директора;

– представители от организаций-подрядчиков по проекту, уполномоченные принимать ответственные решения и вести переговоры со стороны своих организаций. Они должны быть ответственны за передачу правильных финансовых и административных отчетов (данных) и наличие адекватных ресурсов и средств в распоряжении их организаций.

Уровень администрирования Генеральный Директор проекта исполняет решения Собрания акционеров с учетом ограничений, накладываемых Советом Директоров. Он должен обеспечивать своевременное предоставление отчетов Собранию Акционеров.

Заместитель Генерального Директора проекта помогает Генеральному Директору в его деятельности, осуществляет контроль за работой Системно-аналитического управления и принимает участие в работе Технического Комитета Проекта.

Генеральный Директор возглавляет Технический Комитет Проекта.

Системно-аналитическое управление проектом Системно-аналитическое управление возглавляет Директор по управлению операциями. Он работает под руководством Генерального Директора совместно с директорами направлений.

Основными задачами данного управления являются:

- Создание необходимой инфраструктуры для управления проектом:
 - составление и передача всем партнерам необходимых пакетов документов (информации), описывающих подходы в их деятельности и используемые инструменты (методологии, программные средства);
 - стандартизация процедур заполнения форм и каталогизация основных (критических) проектных данных;
 - составление и передача всем партнерам детальных справочных руководств, затрагивающих вопросы использования и заполнения форм;
 - задание механизма мониторинга общего для всех партнеров.
- Администрирование проекта.
- Координирование.
- Оказание поддержки в подготовке и проведении заседаний Руководящего Комитета Проекта и Технического Комитета Проекта.
- Мониторинг перемещения денежных средств в рамках реализуемого проекта.

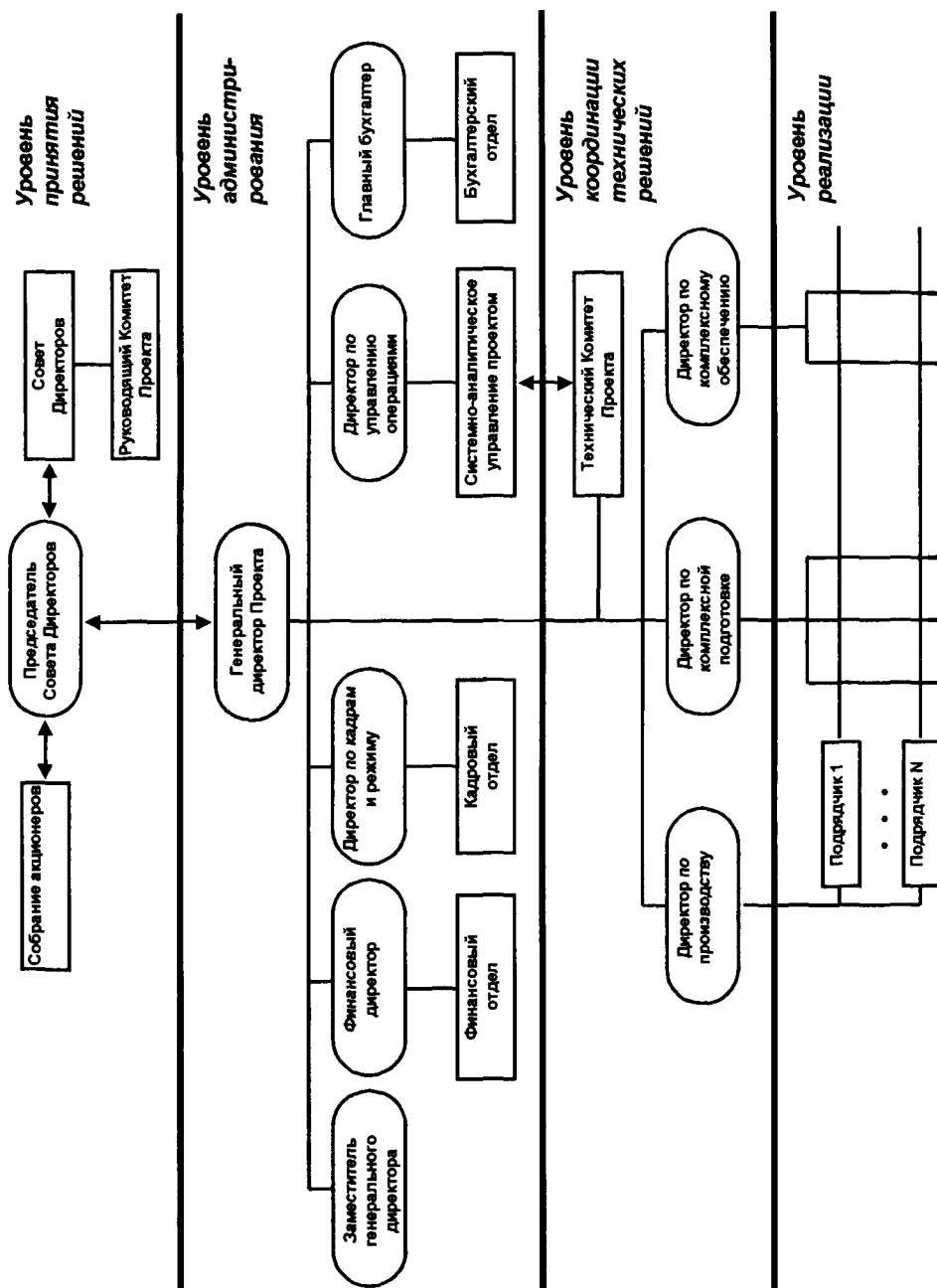


Рис. 3.1.46. Виртуальная администрация крупного проекта

Роль Директора по управлению операцией сводится к организации взаимодействия между Директорами направлений.

Главный бухгалтер. Главный бухгалтер подчиняется непосредственно Генеральному Директору, поскольку его основной функцией является бухгалтерский учет и отчетность, которые относятся ко всему проекту в целом.

Директор по финансам и администрации Директор по финансам и администрации совмещает управление двумя службами:

- службой финансово-экономического планирования;
- службой договорно-расчетных отношений и страхования.

Такое совмещение служебных обязанностей необходимо для централизации планирования размещения инвестиций и постоянного контроля за реальным расходованием средств.

В число работ, координируемых Директором по финансам и администрацией, входит:

- финансовая экспертиза проектных решений;
- утверждение приоритетности финансирования основных и вспомогательных работ;
- разработка годовых, квартальных и других планов инвестиций и контроля за их соблюдением, выявление причин перерасхода (экономи) средств;
- страхование;
- контроль за своевременностью оплаты заказов и контроль за прохождением платежей;
- проведение международных платежей и работа с таможенной;
- индивидуальная работа с наиболее важными партнерами.

Директор по кадрам и режиму Директор по кадрам и режиму выполняет следующие функции:

- подбор кадров;
- обеспечение общей и личной охраны;
- разработку вопросов защиты коммерческой информации и инструктаж персонала;
- организацию служебных командировок.

Уровень координации технических решений. В традиционных структурах управления сосредоточение обязанностей по руководству организационно-техническим совершенствованием технологической подготовки и оперативным управлением производством закрепляется за одним должностным лицом – главным инженером проекта. Это приводит к тому, что оперативные вопросы, связанные с выполнением про-

изводственной программы, в силу своей многочисленности и неотложности зачастую отодвигают на второй план в деятельности главного инженера более важные, но менее срочные проблемы организационно-технического развития.

Поэтому для преодоления вышеуказанного недостатка при построении структуры управления уровня координирования технических решений необходимо обеспечить:

– полное и адекватное отражение функционального содержания процесса управления проектом на уровне координации технических решений;

– усиление информационного и организационного единства в осуществлении процесса управления проектом на основе его централизации, улучшения регламентации управленческой деятельности и создания специального механизма координации горизонтальных связей между отдельными управленческими службами Технического Комитета Проекта;

– углубление разделения управленческого труда на уровне координации технических решений, способствующее более рациональному распределению обязанностей между Директорами направлений.

Углубление разделения управленческого труда на уровне координации технических решений в структуре управления проектом должно найти свое отражение в разграничении сфер деятельности по:

- организационно-техническому совершенствованию;
- технологической подготовке;
- оперативному управлению.

Технический Комитет Проекта. Технический Комитет Проекта состоит из:

- Генерального Директора;
- Директоров направлений;
- специалистов, приглашенных согласно повестке дня.

Члены Технического Комитета Проекта рассматривают технические вопросы, касающиеся:

- основополагающих технических проблем, выявленных в проекте и методов их решений;
- контроля за техническими вопросами, решаемыми в рамках конкретных задач и подзадач;
- представления в Системно-аналитическое управление изменений технического порядка и изменений в распределении ресурсов согласно целям проекта;

- одобрения мероприятий, направленных на корректирование технических решений;
- отчетности перед Системно-аналитическим управлением об отклонении от исходных плановых показателей;
- согласования видов отчетности и отчетных документов, представления достигнутых результатов.

Директор по комплексной подготовке.
Директору по комплексной подготовке подчиняются две службы:

- служба технологической подготовки проекта;
- планово-экономическая служба.

В число работ, координируемых Директором по комплексной подготовке, входят:

- организация работы службы технологической подготовки;
- организация работы планово-экономической службы;
- диспетчирование выполнения договоров на поставку, ведение договоров.

Таким образом, функциональные обязанности Директора по комплексной подготовке состоят в координации следующих функций:

- разработка, проверка и согласование проектно-сметной документации;
- разработка и проверка технологической документации;
- организационно-экономическое моделирование;
- сбор необходимой информации для выявления резервов повышения эффективности выполнения основных работ по проекту, качества и соблюдения норм экологической безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальность разработки и реализации CALS-технологий в отечественной промышленности / В.В. Сало, В.Н. Везилов, А.Н. Давыдов, В.В. Барбанов // Проблемы продвижения продукции и технологий на внешнем рынке. 1997. Специальный выпуск. С. 3–6.

2. Арефьев И.Б., Гезлинг Г.Б., Куркор Б.Л. Интегрированные автоматизированные системы управления в машиностроении. Л.: Машиностроение, 1988. 224 с.

3. Ахьюджа Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве. Пер. с англ. М.: Мир, 1979. 638 с.

4. Белов В.В., Воробьев Е.М., Шаталов В.Е. Теория графов. М.: Высшая школа, 1976. 392 с.

5. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 400 с.

6. Волкова К.А., Дежкина И.П. Предприятие: структура, положения об отделах и службах, должностные инструкции. М.: Экономика, 1997. 526 с.

7. Воропаев В.И. Управление проектами в России. М.: Аланс, 1995. 225 с.

8. Гуков Л.И., Ломако Е.И., Морозова А.В. Макетирование, проектирование и реализация диалоговых информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1993. 320 с.

9. Дмитриев В.И. К вопросу о создании компьютеризированных интегрированных логистических систем // Информационные технологии. 1995. № 1. С. 8–10.

10. Дмитриев В.И. Опыт внедрения CALS за рубежом // Автоматизация проектирования. 1997. № 1. С. 2–9.

11. Дмитриев В.И. О развитии CALS-технологий в России / Автоматизация проектирования. 1997. № 1. С. 22–24.

12. Дмитриев В.И. CALS, как основа проектирования виртуальных предприятий // Автоматизация проектирования. 1997. № 5. С. 14–17.

13. Дмитриев В.И. CALS-стандарты // Автоматизация проектирования. 1997. № 2. С. 16–18.

14. Дмитриев В.И., Алферов М.В. Обзор и анализ современных подходов к формированию организационной структуры виртуального предприятия // Известия вузов. Машиностроение. 1998. № 1. С. 88–92.

15. Дмитриев В.И., Норенков И.П. STEP и CALS-технологии // Информационные технологии. 1998. № 5. С. 8–10.

16. Иванищев В.В. Автоматизация моделирования потоковых систем. М.: Наука, 1986. 168 с.

17. Ивлев В.А., Каменова М.С., Попова Т.В. Методологический подход к реорганизации деятельности предприятия // Открытые системы. 1996. № 2. С. 67–69.

18. Ивлев В.А., Попова Т.В., Павлов Л.Н. Реорганизация АСУ промышленных предприятий // Компьютер ПРЕСС. 1997. № 7. С. 236–244.

19. Ивлев В.А., Огородничук Д.Л., Попова Т.В. CASE в моделировании деятельности предприятий // Компьютер ПРЕСС. 1997. № 8. С. 212–216.

20. **Калянов Г.Н.** Консалтинг при автоматизации предприятий. М.: СИНТЕГ, 1997. 316 с.
21. **Калянов Г.Н.** Применение CASE-технологий при проектировании систем автоматизации предприятий и учреждений // Приборы и системы. 1997. № 8. С. 9 – 14.
22. **Карминский А.М., Нестеров П.В.** Информатизация бизнеса. М.: Финансы и статистика, 1997. 416 с.
23. **Кожекин Г.Я., Синица Л.М.** Организация производства: Учеб. пособие. Минск: ИП "Экоперспектива", 1998. 334 с.
24. **Колобов А.А., Омельченко И.Н.** Основы промышленной логистики. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1998. 116 с.
25. **Концепция формирования и развития CALS-технологий в промышленности России / С.Г. Арутюнов, В.В. Барабанов, В.Н. Везиров, А.Н. Давыдов, В.И. Дмитриев, Е.В. Судов // Проблемы продвижения продукции и технологий на внешний рынок. 1997. Специальный выпуск. С. 7 – 22.**
26. **Коршунов Ю.М.** Математические основы кибернетики: Учебное пособие для вузов. М.: Энергия, 1980. 424 с.
27. **Крыжановский В.Г.** Реструктуризация предприятия. М.: Изд-во МАИ, 1998. 42 с.
28. **Логистика: Учебное пособие / Под ред. Б.А. Аникина. М.: ИНФРА-М, 1997. 327 с.**
29. **Марка Д., МакГоуэн К.** Методология структурного анализа и проектирования SADT. Пер. с англ. М.: МетаТехнология, 1993. 240 с.
30. **Мир управления проектами. Пер. с англ. / Под ред. Х. Решке, Х. Шелле. М.: СОВНЕТ, АТЛАС, 1994. 304 с.**
31. **Моделирование производственно-сбытовых систем и процессов управления / Под ред. А.А. Колобова, Л.Ф. Шклярского. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1993. 216 с.**
32. **Немчин А.М., Никешин С.Н., Хитров В.А.** Управление проектами. Основы системных представлений и опыт применения. СПб.: ГИЭА, 1993. 65 с.
33. **Ойхман Е.Г., Попов Э.В.** Реинжиниринг бизнеса: Реинжиниринг организаций и информационные технологии. М.: Финансы и статистика, 1997. 336 с.
34. **Организационное управление: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Н.И. Архиповой. М.: ПРИОР, 1998. 448 с.**
35. **Стивенсон В.Дж.** Управление производством. Пер. с англ. М.: БИНОМ, 1998. 928 с.
36. **Сыроеждин И.М.** Математика сетевых планов. М.: Экономика, 1967. 166 с.
37. **Тихомиров В.И.** Организация, планирование и управление производством летательных аппаратов: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1978. 496 с.
38. **Управление организацией: Учебник / Под ред. А.Г. Поршнева. М.: ИНФРА-М, 1999. 669 с.**
39. **Управление проектами (Зарубежный опыт) / А.И. Кочетков, С.Н. Никешин, Ю.П. Рудаков, В.Д. Шапиро, М.В. Шейнберг. Под ред. В.Д. Шапиро. СПб.: "ДваТри", 1993. 443 с.**
40. **Форд Л.Р., Фалкерсон Л.Р.** Потоки в сетях. М.: Мир, 1966. 276 с.
41. **Фостер Р.** Обновление производства: атакующие выигрывают. Пер. с англ. М.: Прогресс, 1987. 272 с.
42. **CALS-технологии – путь к успеху в XXI веке. Тезисы докладов науч.-техн. конф. М.: ГУП "ВИМИ", 1999. 73 с.**
43. **Davenport T.** Process Innovation. Boston: Harvard Business School Press, 1993. P. 396.
44. **Duncan W.R.** A Guide to the Project Management. Body of Knowledge. USA: Project Management Institute, 1996. P. 176.
45. **Hammer M. and Champy J.** Re-engineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. London: Nicholas Brealey Publishing, 1993. P. 185.
46. **Harrington J.** Business Process Improvement. New York: McGraw Hill, 1991. P. 435.
47. **Jals S.** CALS. Stockholm: Magnusson Torbjorn Holm, 1996. P. 182.
48. **Smith J.M.** CALS. An introduction to CALS: The Strategy and the Standards. Dublin: The Cromwell Press Ltd, 1990, P. 143.

3.1.4. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТОВ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Современные методы проведения проектов реорганизации хозяйственной деятельности. Под проектами реорганизации хозяйственной деятельности понимаются проекты по изменению внутренних процессов предприятия, внутренней культуры и организационной структуры. В англоязычной литературе для этого используется термин Business process reengineering (BPR).

Один из методов классификации проектов реорганизации хозяйственной деятельности базируется на их организационной области [28], которая может быть узкой или широкой. Другой

метод классификации – классификация по цели [16]. В табл. 3.15 объединены оба метода.

Для обзора выбраны четыре базовых метода из академической области и консалтинга.

Метод Хаммера – Чампи (Hammer/Champy).

Хаммер и Чампи популяризировали проекты реорганизации хозяйственной деятельности (business reengineering) и радикально переработали критические для бизнеса процессы [21]. Этот метод разбит на шесть шагов (табл. 3.1.16).

3.1.15. Классификация проектов реорганизации хозяйственной деятельности

Тип проекта	Улучшение процесса (сокращение расходов)	Достижение лучших результатов (требование конкурентоспособности)	Коренное изменение (переписывание правил)
Внутрифункциональный Проекты нацелены на одиночные и изолированные задачи, деятельность или единственную функцию	1.1) применение электронного документооборота вместо бумажного делопроизводства	1.2) реорганизация процесса выбора поставщиков на основе критерия стоимости	1.3) использование системы записи голосовых сообщений для улучшения взаимодействия
Межфункциональный Проекты направлены на хозяйственные процессы с пересекающимися функциями, но содержащимися в пределах хозяйственной единицы	2.1) унификация бланков для оформления финансовых операций	2.2) введение самоуправляющихся рабочих групп в процесс управления заказом	2.3) замена филиалов банка прямой банковской системой на базе Internet
Межорганизационный Проекты включают в себя два или более хозяйственных субъекта, например, компанию, клиентов и поставщиков	3.1) концепция единственного источника	3.2) реорганизация хозяйственного процесса поставки между производителем и всеми поставщиками комплектующих (процессы точно вовремя)	3.3) реорганизация штата фирмы – образование на основе сотрудников компании сети независимых сбытовых партнеров

3.1.16. Метод Хаммера – Чампи

Шаги проекта	Цели
Погружение в реорганизацию хозяйственных процессов	Генеральный директор инициирует проект. Он кратко и прагматично описывает текущую деловую ситуацию для начала работы. Он представляет свое видение служащим компании
Идентификация хозяйственных процессов	На этом шаге в целом анализируется, как процессы взаимодействуют внутри компании и с внешним миром. Результатом является графическое представление всех процессов
Выбор хозяйственных процессов	Третий шаг необходим для того, чтобы выбрать такие процессы, которые один раз реорганизовав, привели бы к увеличению прибыли клиентов компании, а также процессы, которые легко реорганизируются
Анализ выбранных хозяйственных процессов	Этот шаг заключается не на подробном анализе функционирования выбранных деловых процессов, а скорее концентрируется на производительности текущих процессов по сравнению с тем, что ожидается от них в будущем
Переработка выбранных хозяйственных процессов	Пятый шаг – согласно методу Хаммера – Чампи – наиболее творческий из всех. Его можно охарактеризовать применением воображения
Реализация переработанных хозяйственных процессов	Последний шаг покрывает фазу реализации проекта реорганизации хозяйственной деятельности. Авторы не говорят о реализации так же подробно, как о планировании проекта. Они верят в успех внедрения, если пять предварительных шагов выполнены правильно

Метод Дэвенпорта (Davenport). Дэвенпорт предложил принять за основу проектов реорганизации хозяйственной деятельности информационные технологии. По Дэвенпорту, информационные технологии играют наиболее важную роль в хозяйственных нововведениях.

С точки зрения влияния на вопросы поведения, которые играют роль в пределах делового процесса, вопросы организационных и человеческих ресурсов более критичны, чем вопросы технологии. Дэвенпорт рассматривал культуру как ограничение, когда процесс нововведений упирается в рамки корпоративной культуры. В отношении управления изменениями выделены такие традиционные функции управления, как планирование, контроль, принятие решений и взаимодействие [18, 19].

Реорганизация хозяйственной деятельности должна быть лучше интегрирована с дру-

гими эволюционными методами, например с Total Quality Management (Общее управление качеством) [17]. Метод состоит из шести этапов (табл. 3.1.17).

Метод Мэнгэнелли–Клейна (Manganelli/Klein). Мэнгэнелли и Клейн предложили метод, в котором основной упор делается только на те хозяйственные процессы, которые непосредственно способствуют достижению стратегических целей компании и требований клиента. Разработка продукции (процесс, базирующийся на знании) является одним из таких приоритетных процессов. Они рассматривали организационное влияние, время, риск и расходы как препятствия на пути к успеху. Согласно их методу, реорганизация хозяйственной деятельности более успешна, чем поэтапные изменения, которые имеют тенденцию более часто терпеть неудачу [24].

3.1.17. Метод Дэвенпорта

Шаги проекта	Цели
Обзор и постановка задачи	Первый шаг необходим для планирования всех последующих действий с позиций общего представления о компании и целей процессов. Уменьшение расходов считается важным, однако Дэвенпорт предостерегает от чрезмерной концентрации на их снижении, поскольку могут пострадать другие цели, например, удовлетворение сотрудников, уменьшение времени выполнения и улучшение производительности процесса
Идентификация хозяйственных процессов	На этом шаге идентифицируются хозяйственные процессы, которые должны быть реорганизованы. Дэвенпорт советует группам по реорганизации сконцентрировать свои усилия на нескольких, не более чем 15, наиболее важных процессах
Количественный и качественный анализ процессов	На третьем шаге изучается точное функционирование и производительность выбранных хозяйственных процессов. Это отличает метод Дэвенпорта от метода Хаммера–Чампи. Дэвенпорт, в частности, хочет убедиться, что в течение процесса переработки старые методы не будут утеряны и стандарты производительности для переработанных процессов по крайней мере сохранятся
Информационные технологии	На четвертом шаге изучается применимость инструментов и приложений информационных технологий для вновь разработанных рабочих процессов
Моделирование прототипа процесса	Этот шаг покрывает разработку функционирующего прототипа новых хозяйственных процессов. Люди в компании изучают этот прототип, разрабатывают идеи для расширения функциональности и привыкают к новым рабочим процессам
Внедрение	Последний шаг необходим для внедрения протестированного прототипа в компании на широкой основе. Дэвенпорт рассматривает этот шаг как критический с точки зрения общего успеха, поскольку внедрение занимает приблизительно в два раза больше времени (минимум один год), чем предшествующие шаги

Метод Rapid-Re™ Мэнгэнелли – Клейна, который дополняется программными инструментами по реорганизации Rapid-Re для Microsoft Windows™ разбивается на пять шагов (табл. 3.1.18).

Метод фирмы Кодак (Kodak). Международная организация Кодак разработала собственный метод реорганизации хозяйственных процессов. Метод фирмы Кодак был сформирован под влиянием метода Хаммера – Чампи. Разбивается на пять шагов (табл. 3.1.19) [27].

Четыре представленных метода подразумевают, что проекты хозяйственной реорганизации вводятся руководством верхнего уровня и выполняются специально сформированными проектными командами. Проекты хозяйственной реорганизации обычно не являются предметом коллективных усилий, а, скорее, мерами, проводимыми сверху вниз. Эти методы могут быть разбиты на три проектных этапа [15] (табл. 3.1.20).

3.1.18. Метод Мэнгэнелли – Клейна

Шаги проекта	Цели
Подготовка	На первом шаге опрашиваются все непосредственно вовлеченные лица, для того чтобы определить цели и подготовиться к проекту реорганизации
Идентификация	Этот шаг определяет модель организации, построенной на процессах и ориентированной на клиента, а также выбирает ключевые хозяйственные процессы для переработки
Анализ	Третий шаг нужен, чтобы определить, на каком уровне производительности работают процессы в настоящее время и какой высший уровень необходим для будущего
Переработка 1. Техническая проработка 2. Социальная проработка	Этот шаг разбивается на два параллельных направления. Техническая проработка – это разработка решений в области информационных технологий для поддержания новых процессов. Социальная проработка необходима для создания новой рабочей среды для людей, включая организационный план и планы развития персонала
Преобразование	Пятый шаг предназначен для внедрения переработанных процессов и рабочих сред внутри организации

3.1.19. Метод фирмы Кодак

Шаги проекта	Цели
Инициация проекта	Первый шаг считается ключевым. Он включает в себя планирование проекта и определение всех административных правил и процедур
Анализ процессов	На этом шаге создается проектная команда, разрабатывается исчерпывающая модель процессов в организации и назначаются менеджеры процессов, кто будет отвечать за переработанный процесс после внедрения
Разработка новых процессов	Третий шаг включает в себя переработку выбранных хозяйственных процессов, принимая во внимание потенциал информационных технологий. Этот шаг заканчивается планированием и пилотным внедрением переработанных процессов
Перевод хозяйственной деятельности на новые процессы	Четвертый шаг сконцентрирован на внедрении вновь разработанных процессов внутри организации. Частью этого этапа является приспособление инфраструктуры организации к требованиям вновь разработанных процессов
Изменение управления	Последний шаг выполняется параллельно с предыдущими четырьмя. Проектная команда преодолевает барьеры, которые возникают в течение проекта хозяйственной реорганизации

3.1.20. Сравнение выбранных методов хозяйственной реорганизации

Метод	Этап 1 Подготовка проекта	Этап 2 Переработка процессов	Этап 3 Внедрение
Хаммера – Чампи (консультанты/ академический подход)	1. Введение 2. Идентификация 3. Выбор	4. Анализ 5. Переработка	6. Внедрение
Дэвенпорта (академический подход)	1. Анализ и постановка цели 2. Идентификация	3. Количественный и качественный анализ 4. Информационные технологии	5. Создание прототипа 6. Внедрение
Мэнгэнелли – Клейна (консультанты)	1. Подготовка 2. Идентификация	3. Анализ процессов 4а. Техническое проектирование 4б. Социальное проектирование	5. Преобразование
фирмы Кодак (конечные пользователи)	1. Инициация проекта	2. Анализ 3. Разработка новых процессов	4. Переход к новым процессам 5. Управление изменениями

Сравнение четырех выбранных методов показывает их большое сходство [31]. Прежде всего, их объединяет линейная природа. Кроме того, эти проекты имеют маршрут, аналогичный проектам внедрения решений информационных технологий.

В рамках трех последовательных этапов методы отличаются в области подготовки проекта. Метод Дэвенпорта требует полной подготовки, включая обзор, в то время как другие методы отличаются большей реальной деятельностью с самого начала проекта. Методы Дэвенпорта, Мэнгэнелли – Клейна и фирмы Кодак также затрагивают человеческий фактор, но только в вопросах реализации. Консультанты могут рассматриваться как другой систематический и коммерческий метод для быстрого и эффективного с точки зрения затрат внедрения запланированных изменений [31].

К недостаткам проанализированных методов можно отнести:

- 1) строгую линейность проведения и, как следствие, практически полное отсутствие возможностей по изменению порядка их проведения;
- 2) отсутствие критерия оценки эффективности проводимых и проведенных преобразований;
- 3) отсутствие механизмов мониторинга финансово-экономического состояния предприятия в процессе преобразования;

4) ни в одном из методов не определен механизм проведения самого преобразования.

Основные принципы и организационные формы реструктуризации логистико-ориентированных производственных систем. Основы реструктуризации предприятия в рыночной среде. Рыночная ситуация формирует условия функционирования производственной системы.

Под производственной системой понимают упорядоченное взаимодействие структурированных организационными отношениями, оптимально развивающихся вещественных, энергетических и информационных ресурсов, обеспечивающее устойчивое и надежное производство специфических благ в условиях непрерывно изменяющейся среды [9].

Под микросредой понимают силы, имеющие отношение к самой фирме и ее возможностям по обслуживанию потребителей, т.е. поставщиков, маркетинговых посредников, клиентов, конкурентов и контактные аудитории. Макросреда представлена силами более широкого социального плана, которые оказывают влияние на микросреду, такими, как факторы демографического, экономического, природного, технического, политического и культурного характера.

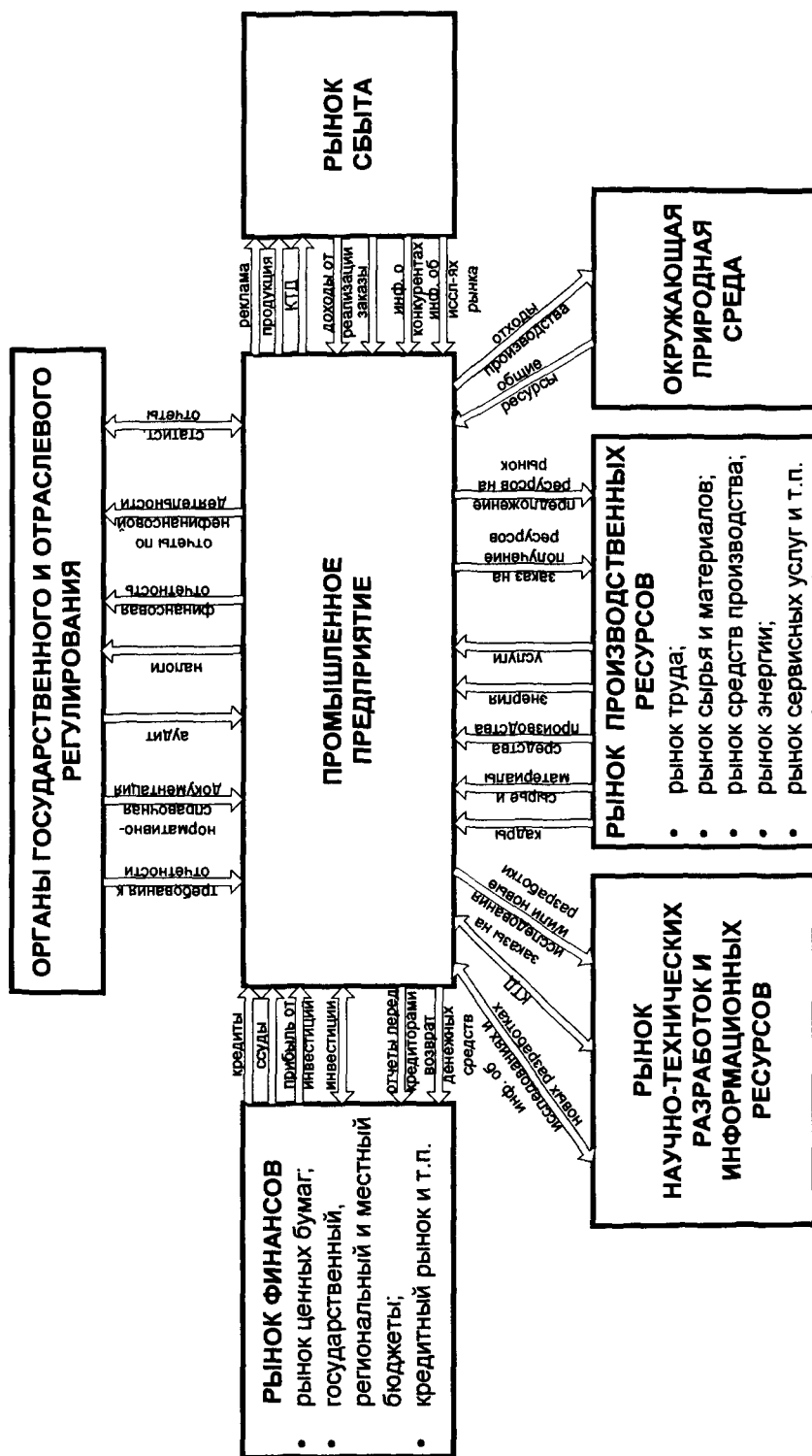


Рис. 3.1.47. Базовая схема взаимозависимости ПСС с субъектами внешней среды

Обобщая структуру субъектов рынка, объединяют их по функциональным признакам и по характеру влияния на предприятие (рис. 3.1.47):

- органы государственного и отраслевого регулирования, объединяющие все виды организаций, регламентирующих функционирование предприятия в целом и в конкретной отраслевой нише в частности; здесь рассматриваются любые надзорные органы, как, например, финансовые или органы охраны окружающей среды;

- рынок финансов, выступающий как совокупность субъектов рынка, определяющих поведение предприятия в сфере финансовой деятельности; сюда входят в качестве составляющих рынок ценных бумаг, где предприятие может выступать и как инвестор, и как эмитент, государственный, региональный и местный бюджеты, являющиеся как донорами, так и акцепторами финансовых ресурсов предприятия, рынок кредитных ресурсов и т.п.;

- рынок научно-технических разработок и информационных ресурсов, объединяющий все внешние источники информации о передовых разработках, маркетинговых исследованиях общего характера и т.п.;

- рынок производственных ресурсов, включающий в себя рынок труда, как совокупность всех источников трудовых ресурсов, необходимых для деятельности предприятия, рынок сырья и материалов, рынок средств производства, поставляющий машины и механизмы, рынок энергии, объединяющий всех поставщиков всех типов энергии и энергоносителей, необходимых для функционирования предприятия, рынок сервисных услуг, например, транспортных и т.п.;

- окружающая среда, как поставщик общих видов ресурсов, например энергии ветра, воздуха, воды, солнечной энергии, и как место утилизации отходов производства. Вопросы взаимодействия предприятия с окружающей средой зачастую являются жизненно важными для деятельности предприятия в целом;

- рынок сбыта, являющийся наиболее важным с точки зрения существования предприятия.

При варианте описания внешней среды как источника и приемника потоков трех типов: вещественных, энергетических и информационных, – все воздействия на производственную систему делятся на детерминированные и стохастические [9].

Выделяются следующие группы факторов среды предприятия:

1. Факторы товарных рынков.
2. Факторы географического характера.
3. Факторы внутреннего для предприятия характера.
4. Внешние общественно-политические условия.

К первой группе относятся: стратегические неожиданности; потеря контроля над внешней средой предприятия; воздействие общества и политических сил на рыночное равновесие предприятия; ограничения роста; ограниченность ресурсов.

Ко второй группе относятся: удаленность рынков; увеличение разрыва между нагрузками на системы управления и их возможностями.

К третьей группе относятся: изменения в кадровом потенциале; участие в принятии стратегических решений; управление на основе власти и влияния.

К четвертой группе относятся: новый смысл существования фирмы; политическая система.

Выделяют следующие типы ресурсов:

1. *Технические ресурсы* (особенности производственного оборудования, инвентаря, основных и вспомогательных материалов и т.п.);

2. *Технологические ресурсы* (динамичность методов технологии, наличие конкурентоспособных идей, научные заделы и др.);

3. *Кадровые ресурсы* (квалификационный, демографический состав работников, их способность адаптироваться к изменению целей производственной системы);

4. *Пространственные ресурсы* (характер производственных помещений, территории предприятия, коммуникаций, возможность расширения и пр.);

5. *Ресурсы организационной структуры системы управления* (характер и гибкость управляющей системы, скорость прохождения управляющих воздействий и т.п.);

6. *Информационные ресурсы* (характер располагаемой информации о самой производственной системе и внешней среде, возможность ее расширения и повышения достоверности и т.п.);

7. *Финансовые ресурсы* (состояние активов, ликвидность, наличие кредитных линий и т.п.).

Подобная классификация, хотя и является удобной в прикладном плане для анализа отдельных подсистем предприятия, не является

ся строго детерминированной, поскольку, например, финансовые ресурсы могут являться денежной формой выражения технических или пространственных ресурсов [3].

Согласно другой классификации все ресурсы делятся на три категории: вещественные, энергетические и информационные. И хотя процесс преобразования ресурсов возможен, такая классификация больше подходит для модельного описания систем [9].

К критериям организованности относят надежность, адаптивность, оптимизационность, эволюционность и устойчивость.

Под организационно-экономической устойчивостью понимается способность предприятия сохранять финансовую стабильность при постоянном изменении рыночной конъюнктуры путем совершенствования и целенаправленного развития его производственно-технологической и организационной структуры методами логистико-ориентированного управления, включая и проведения реструктуризации предприятия в целом или отдельных его служб.

Под реструктуризацией предприятия в работе понимается комплекс организационных, управленческих, технологических, инженерных и экономико-финансовых мероприятий, обеспечивающих предприятию повышение конкурентоспособности и возможность ее сохранения в долгосрочной перспективе.

В качестве критерия устойчивости деятельности предприятия принимается следующая функция:

$$I = \sum_{q=1}^Q \sum_{i=1}^n \gamma_{iq} |\Delta_{iq}|,$$

где Δ_{iq} – отклонение фактического значения от планируемого по i -му виду продукции для каждого частного q -го критерия; γ_{iq} – значимость q -го критерия для i -й номенклатуры продукции.

По своей сути критерий I является показателем рассогласования фактических и планируемых функций (или частных критериев). Очевидно, что его оптимальное значение должно быть равно нулю.

Анализ деятельности промышленных предприятий [6] позволяет заключить, что на их производственно-хозяйственную и финансовую деятельность оказывает влияние целый ряд показателей, которые можно принять в

качестве частных критериев и которые характеризуют:

- 1) финансово-экономическую стабильность предприятия;
- 2) производственно-финансовую деятельность предприятия;
- 3) производственно-технологический потенциал предприятия;
- 4) экологию производственной деятельности предприятия;
- 5) степень удовлетворения потребительского спроса;
- 6) рыночную среду конкурентов;
- 7) рыночную среду потребителей;
- 8) рыночную среду поставщиков;
- 9) изменения рыночной среды.

В условиях существования рассогласования на первый план выходит способность предприятия реагировать на изменения во внешней среде, изменять свою политику и поведение в зависимости от внешних факторов, т.е. реструктуризоваться.

В качестве критериев составления плана реструктуризации могут выбираться: максимум прибыли, минимум издержек.

С учетом особенностей современного состояния инфраструктуры и взаимоотношений рынков поставщиков, потребителей и производителей рассматривается следующая постановка задачи. Максимизируется значение прибыли Z за период реструктуризации по всем уровням снабженческо-производственно-сбытовой системы (ССПС):

$$Z = \int_{t_0}^T P(t) dt - \int_{t_0}^T 3(t) dt \rightarrow \max,$$

где $\int_{t_0}^T P(t) dt$ – доходы предприятия от производственно-хозяйственной деятельности за период реструктуризации $T - t_0$; $\int_{t_0}^T 3(t) dt$ –

затраты предприятия на производственно-хозяйственную деятельность за период реструктуризации $T - t_0$.

Максимизация целевой функции должна осуществляться при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^T \sum_{t=1}^n N_{i,t} \alpha_{i,j} \leq M_j, \quad j = \overline{1, n},$$

где $N_{i,t}$ – объем выпуска i -го вида продукции в элементарном периоде t ; $\alpha_{i,j}$ – расход ресурса вида j на производство i -го вида продукции в элементарном периоде t .

$$N_{i,t}^{\min} \leq N_{i,t} \leq N_{i,t}^{\max}, \quad i = \overline{1, n}; \quad t = \overline{1, T};$$

где $N_{i,t}^{\min}$, $N_{i,t}^{\max}$ – соответственно нижняя и верхняя границы объемов выпуска продукции вида i в элементарном периоде t . Значения нижней и верхней границы определяются исходя из данных маркетинговых исследований, прогнозов, значений за предыдущие периоды и могут варьироваться в течении отчетного периода.

Можно выделить следующие информационные потоки, исходящие от органов государственного и отраслевого регулирования: требования к финансовой и нефинансовой отчетности, т.е. набор законов и правил ведения учетной документации на промышленном предприятии, нормативно-справочная документация, влияющая на многие аспекты деятельности предприятия, аудит, которому время от времени подвергается промышленное предприятие и др. В свою очередь от предприятия в органы государственного и отраслевого регулирования исходит финансовая отчетность, отчеты по нефинансовой деятельности и др. Кроме того, существуют и двунаправленные потоки, как, например, статистическая отчетность.

Рассматривая рынок финансов, выделяют следующие финансовые и информационные потоки, являющиеся входными по отношению к промышленному предприятию: кредиты, ссуды, которые может получить предприятие, прибыль от инвестиций и др. От предприятия на рынок финансов идут налоги (в бюджеты разных уровней), отчеты перед кредиторами, возврат денежных средств и т.п. Есть и двунаправленные потоки, как например, инвестиции.

К показателям эффективности производственно-хозяйственной деятельности финансового состояния предприятия относятся показатели ликвидности, финансовой устойчивости, интенсивности использования ресурсов и деловой активности [8, 10, 13].

Если предприятие имеет в своей структуре подразделения, занимающиеся исследовательской деятельностью, то следующие информационные и материальные потоки являются двунаправленными: информация об исследованиях и новых разработках, конструктор-

ско-техническая документация и др. Кроме того, предприятие может генерировать заказы на исследования и/или новые разработки. Часть информации может использоваться для расчета некоторых относительных показателей.

Важнейшим с точки зрения жизнедеятельности предприятия является рынок производственных ресурсов, поставляющих предприятию кадры, сырье и материалы, средства производства, различные виды энергии и энергоносителей, услуги, которые являются материальными и информационными входными потоками.

В качестве системы оценки эффективности функционирования предприятия в результате реструктуризации предлагается следующая последовательность действий.

На первом этапе формируется целевая функция, представляющая собой, например, прибыль предприятия.

На втором этапе на основании оптимального значения получаемой прибыли определяются основные направления развития предприятия (с точки зрения расширения производства, внедрения более совершенных технологий и организационно-экономических методов управления).

На третьем этапе определяются возможные объемы инвестирования финансовых средств. Затем необходимо провести моделирование процесса внедрения предлагаемых элементов развития производства.

На последнем этапе осуществляется формирование критерия устойчивости по необходимой совокупности входящих показателей и моделирование поведения критерия устойчивости на периоде стратегического планирования.

В качестве теоретических основ функционирования и реструктуризации предприятия выделяются:

- 1) интегрированность подсистем предприятия, следовательно, рассмотрение подсистем предприятия возможно только в совокупности и взаимосвязи;
- 2) оптимизация логистических потоков предприятия предполагает анализ всех подсистем предприятия;
- 3) деятельность предприятия в рыночной среде порождает двунаправленные логистические потоки к/от различных субъектов рыночной инфраструктуры;
- 4) оценка деятельности предприятия в период реструктуризации может базироваться на ряде показателей, формирующих интегральный критерий устойчивости его деятельности.

Система формирования целей проектов реструктуризации. Основываясь на типах противоположного стиля организационного поведения рассматриваются два типа стратегического планирования – статический и динамический.

Статический тип стратегического планирования характеризуется движением от достигнутого: стратегии, относящиеся к этому типу, направлены на минимизацию отклонений от традиционного поведения как внутри предприятия, так и в его взаимоотношениях с инфраструктурой. Этот тип стратегического планирования используется, если в качестве ведущих аспектов стратегической цели выбраны финансовый аспект, либо валовый аспект. Статический тип стратегий используется в том случае, если необходимость изменений стала достаточно настоятельной. Большинство успешно работающих длительное время предприятий, в том числе и машиностроительного комплекса, используют именно этот тип стратегического планирования.

Динамический тип стратегического планирования характеризуется движением предприятия в сторону структурных изменений; стратегии, относящиеся к этому типу направлены на прогнозирование будущих рисков, поиск новых возможностей, разработку многочисленных альтернатив, выбор из них наилучшей и т.д. Этот тип стратегического планирования используется, если ведущими аспектами стратегической цели являются аспект технологического развития предприятия или качественное изменение продукта. Развивающееся предприятие более склонно к проведению проектов реструктуризации нежели стабильная компания.

Типы стратегий определяют стиль поведения предприятия. Кроме этого существует большое количество видов стратегий, которые направлены на определенную область деятельности с выделением основного подразделения. Выбор стратегии зависит от многочисленных факторов: степени насыщенности рынка, степени и скорости развития отрасли и возможностей предприятия постоянно обновлять производство. В процессе разработки стратегических планов могут сочетаться две или более стратегий.

Процесс реализации предложенных стратегий является длительным и неоднозначным, поскольку приходится на каждом шаге решать оптимизационные многокритериальные задачи, т.е. реализация стратегий заключается так-

же и во внедрении тактических стратегий в процессе реализации. Под тактическими стратегиями предлагается понимать различные мероприятия, помогающие предприятию в реализации стратегии. Это может быть увеличение затрат на продвижение продукции, внедрение новых технологий, разработка новых видов продукции, использование дополнительных производственных ресурсов, совокупность действий при снижении конкурентами цены на продукцию и т.д.

Проведение *реструктуризации*, т.е. комплекса работ, не связанного с изменением организационно-структурного статуса предприятия, включает в себя [7]:

- выявление так называемых "точек роста", т.е. наиболее эффективных и быстро окупаемых направлений развития бизнеса;
- повышение управленческого потенциала;
- рационализацию бизнес-процессов, т.е. деятельности по выпуску продукции от момента получения заказа (заключения договора на реализацию) до передачи готовой продукции потребителю (получения денег на счет);
- грамотное управление капиталом.

Работы по реструктуризации обычно проводятся консультационными фирмами совместно с командой, состоящей из работников предприятия. Можно выделить три основных этапа работ (рис. 3.1.48):

1. Предварительная оценка эффективности действующих программ и предприятия
2. Комплексная оценка предприятия.
3. Разработка оптимальной стратегии развития.

Реструктуризация любого предприятия связана с определенными затратами и является по сути инвестиционным проектом, поэтому к ее анализу применимы приемы и методы анализа инвестиционных проектов.

При оценке представленных руководством инвестиционных вариантов важно понимать возможную взаимосвязь между отдельными парами инвестиционных предложений. Любое отдельно взятое инвестиционное предложение может экономически зависеть от другого инвестиционного предложения. Инвестиционное предложение экономически независимо от другого инвестиционного предложения, если денежные потоки (или, в более общем случае, затраты и доходы), ожидаемые от первого проекта, не изменятся независимо от того, будет ли осуществлен второй проект.

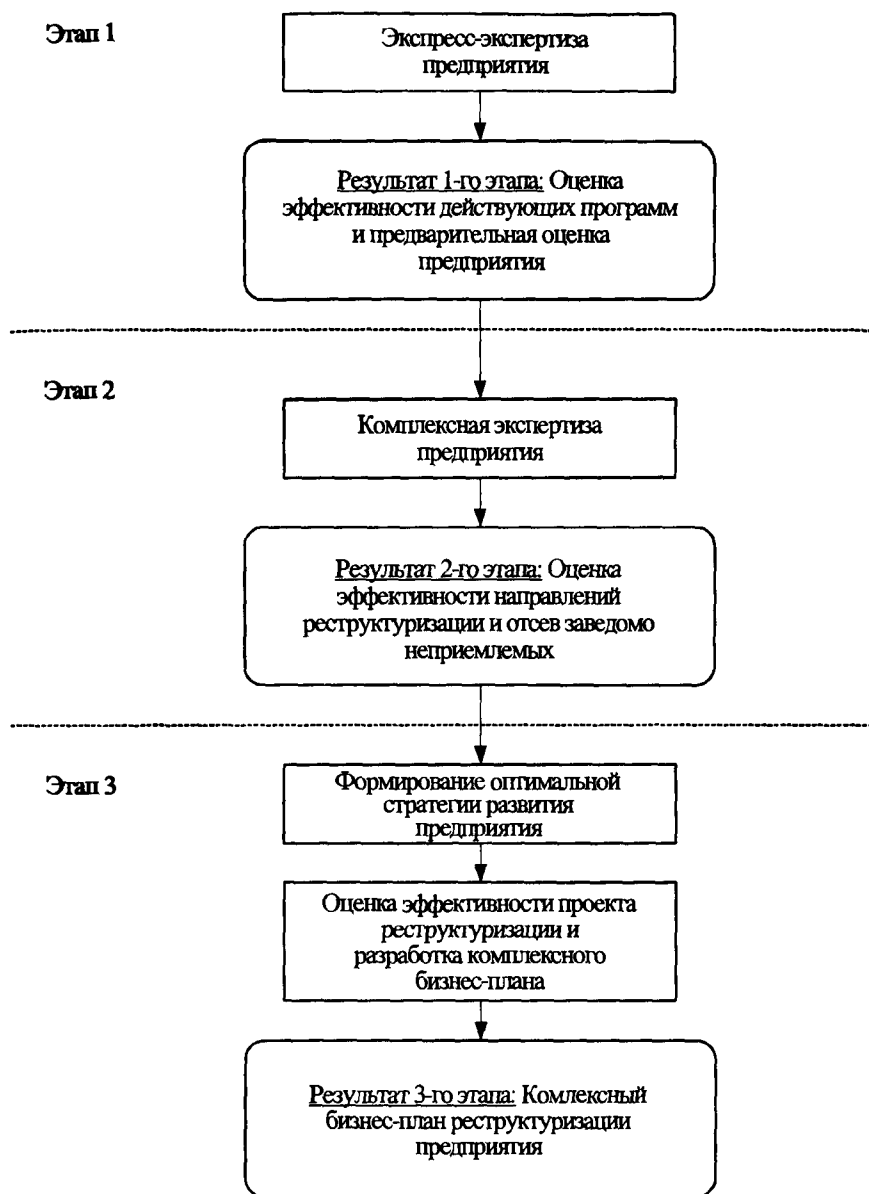


Рис. 3.1.48. Принципиальная схема проведения проекта реструктуризации

Если решение осуществить второй проект увеличит ожидаемые доходы от первого (или уменьшит затраты на осуществление первого без изменения доходов), то второй проект является дополняющим по отношению к первому. Если решение принять второй инвестиционный проект уменьшит ожидаемые доходы

от первого (или увеличит затраты на осуществление первого без изменения доходов), то второй проект является заменяющим для первого, или субститутом первого инвестиционного проекта. Когда потенциальные прибыли от первого инвестиционного проекта полностью сойдут на нет, если будет принят второй

проект, или технически невозможно осуществить первый проект при условии принятия второго, два этих инвестиционных проекта называются взаимоисключающими.

К показателям оценки эффективности инвестиций относятся:

1 Расчетный уровень дохода *ARR* (*Accounting Rate of Return*).

2. Период окупаемости проекта *PBP* (*Payback Period*). Это время, за которое поступления от производственной деятельности предприятия покроют затраты на инвестиции.

3. Индекс прибыльности *PI* (*Profitability Index*) – критерий оценки какого-либо инвестиционного проекта.

4 Чистая приведенная стоимость *NPV* (*Net Present Value*). Представляет собой оценку сегодняшней стоимости потока будущего дохода.

5 Внутренняя норма окупаемости *IRR* (*Internal Rate of Return*).

Управление процессом реструктуризации предприятия в рыночной среде, несмотря на выбор приоритета цели его функционирования из различных вариантов, а именно: максимизации прибыли, максимизации объема продаж (или доли рынка), обеспечения непрерывного существования, максимизации темпов роста – удобно базировать на интегральном показателе устойчивости, рассматривающем показатели предприятия в совокупности.

Так как важным качеством с точки зрения устойчивости является способность предприятия адаптироваться к внешним условиям, то способность оперативно принимать и выполнять проекты, влияющие на работу предприятия, отражает его стратегические преимущества.

Модели реструктуризации логистико-ориентированных производственных систем. Система, согласно определению, представляет собой множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которые образуют определенную целостность, единство. Во всех случаях термин "система" включает понятие о целом, состоящем из взаимосвязанных, взаимозависимых, взаимодействующих частей, причем свойства этих частей зависят от системы в целом, свойства системы – от свойств ее частей.

Производственная система является подсистемой системы более высокого порядка – экономической системы, которая, в свою очередь, есть подсистема социально-экономической системы.

Производственная система, если рассматривать ее с точки зрения материально-производственной, имеет на входе материально-вещественные потоки природных и производственных ресурсов, а на выходе – материально-вещественные потоки различных видов продукции. Производственная система относится к классу кибернетических. Она обладает многоступенчатой иерархической структурой, причем отдельные звенья (уровни иерархии) являются также сложными, вероятностными и динамическими системами с управлением, обладающими определенной самостоятельностью и некоторыми возможностями к саморегулированию. Поэтому отдельная отрасль промышленности, ее подотрасль, предприятие, цех, производство или участок могут рассматриваться как производственные системы более или менее высокого иерархического уровня.

В экономико-математическом моделировании производственная система рассматривается как некий объект, который подвергается наблюдению и изучению, а модель – как средство этого наблюдения и изучения.

Говоря о путях конструирования моделей, следует сказать, что они могут быть сформулированы тремя способами: в результате непосредственного изучения действительности (феноменологический способ), вычленения из более общей модели (дедуктивный способ), обобщения частных моделей (индуктивный способ). В зависимости от выбранного признака классификации всю совокупность экономико-математических моделей можно подразделить на несколько классов.

По способу отражения действительности: аналоговая, информационная, функциональная, концептуальная, структурная.

По цели создания и применения: балансовая, имитационная, оптимизационная и др.

По способу математического описания экономической системы: аналитическая, дискретная, линейная, матричная, регрессионная, сетевая, нелинейная и т.д.

По временному признаку: статическая, динамическая, трендовая.

По внутренней структуре модели: автономная, глобальная, однопродуктовая, агрегатная.

По области применения: в зависимости от типа решаемых задач и используемых экономико-математических методов

Модели по управлению предприятиями можно условно разделить на модели, обеспе-

чивающие планирование деятельности предприятия, и на модели, обеспечивающие принятие решений по управлению функционированием предприятия.

В условиях рыночных отношений при хозяйственной самостоятельности предприятий одним из главных требований к планированию и управлению функционированием предприятия является обеспечение его финансовой устойчивости, текущей платежеспособности, высокого уровня самофинансирования. Эти требования должны быть отражены в структуре экономических моделей предприятия в виде финансово-денежных взаимоотношений между экономическими категориями моделируемого объекта.

Выделяются два принципиально различных вида экономических моделей для управления предприятиями: динамические модели и статические модели (рис. 3.1.49).

Статические модели основаны на предположении о жесткой прямой связи (влиянии) располагаемых производственных ресурсов на

процесс производства и объема выпускаемой предприятиями продукции.

Особенность схемы статической модели – отсутствие обратной связи "продукция-ресурсы". Несмотря на этот недостаток статические модели находят применение в практике управления предприятиями, так как позволяют по меньшему объему исходной информации находить подходящие решения для управления предприятиями.

Имеется значительный объем задач, которые не требуют динамической постановки, и для их решения статические модели могут применяться вполне обоснованно.

Модели экономических показателей предприятия отражают наиболее существенные закономерности преобразования поступающих материальных, финансовых и трудовых ресурсов в изготавливаемую предприятием продукцию [4]. При этом при построении моделей за основу необходимо принимать финансовое функционирование предприятия, для чего все ресурсы и продукция выражаются в стоимост-



Рис. 3.1.49. Система основных моделей для управления производством

ной форме. Это позволяет получить систему взаимосвязанных типовых модулей для определения различных показателей, необходимых руководству предприятий для принятия решений по планированию объема производства, назначению цены на продукцию, управлению переменными и постоянными затратами, по объему необходимых кредитных средств, оценке возможной прибыли, накоплению собственных финансовых средств.

Для каждого экономического показателя разрабатывается отдельная модель. На практике возникают ситуации, когда руководителям предприятий необходима информация одновременно по нескольким показателям. Для этих целей целесообразно иметь более объемную комплексную модель.

Для эффективного проведения проектов реструктуризации необходимо ясно представлять структуру и взаимозависимости, уже существующие на предприятии.

Известно порядка 90 разновидностей структурного системного анализа, которые могут быть классифицированы по отношению к школам (для моделирования программных систем или систем вообще), по порядку построения модели (декларирующие первичность функционального или информационного моделирования), по типу целевых систем (информационные системы, включая системы реального времени). Несмотря на такое обилие методов, практически во всех из них используются три группы средств:

1. DFD (Data Flow Diagrams) – диаграммы потоков данных или SADT-диаграммы, иллюстрирующие функции, которые система должна выполнять;

2. ERD (Entity-Relationship Diagrams) – диаграммы "сущность-связь", моделирующие отношения между данными;

3. STD (State Transition Diagrams) – диаграммы переходов состояний, моделирующие зависящее от времени поведение системы (в том числе и в реальном времени).

Кроме этих моделей используются техники структурных карт, предназначенные для описания отношений между модулями (структурные карты Константайна) и внутренней структуры модулей (структурные карты Джексона).

Для анализа взаимосвязей промышленного предприятия используются средства функционального моделирования, а именно, DFD и

SADT-диаграммы, в то время как для, соответственно, информационного и поведенческого моделирования в настоящее время практически нет альтернативы ERD и STD.

Рассмотрение промышленного предприятия начинается с анализа его связей и информационных потоков, обеспечивающих контакт и определяющих его поведение в окружающем мире (рис. 3.1.50). Построение модели предприятия является важным этапом с точки зрения проведения любого проекта реструктуризации.

Задачи, выполняемые промышленным предприятием, можно представить в виде шести взаимосвязанных функциональных блоков (рис. 3.1.51).

Первый функциональный блок A1 "Стратегическое планирование" естественным образом предваряет всю дальнейшую деятельность предприятия. Он включает в себя следующие направления: определение области хозяйственной деятельности предприятия, определение требуемой производительности, формирование структуры предприятия, формирование, оценку и выбор стратегий поведения предприятия на рынке (рис. 3.1.52).

Второй функциональный блок A2 "Управление ресурсами" является ключевым во всей деятельности предприятия. Он включает в себя следующие направления: управление финансами, управление персоналом, управление производственными мощностями, разработку совокупного плана и управление информационными системами (рис. 3.1.53).

Третий функциональный блок A3 "Маркетинг и продажи продукта/услуги" является неотъемлемой частью деятельности предприятия. Он включает в себя следующие направления: анализ информации на рынке, разработку планов и правил поведения предприятия в рыночной среде, позиционирование продукта на рынке и непосредственно сами мероприятия по продаже продукции (рис. 3.1.54).

Четвертый функциональный блок A4 "Проектирование продукта/процесса" может существенно отличаться в зависимости от области деятельности предприятия. Этот функциональный блок включает в себя следующие направления: управление процессом проектирования, разработку концепции продукта, эскизное проектирование и детальную проработку проекта (рис. 3.1.55).

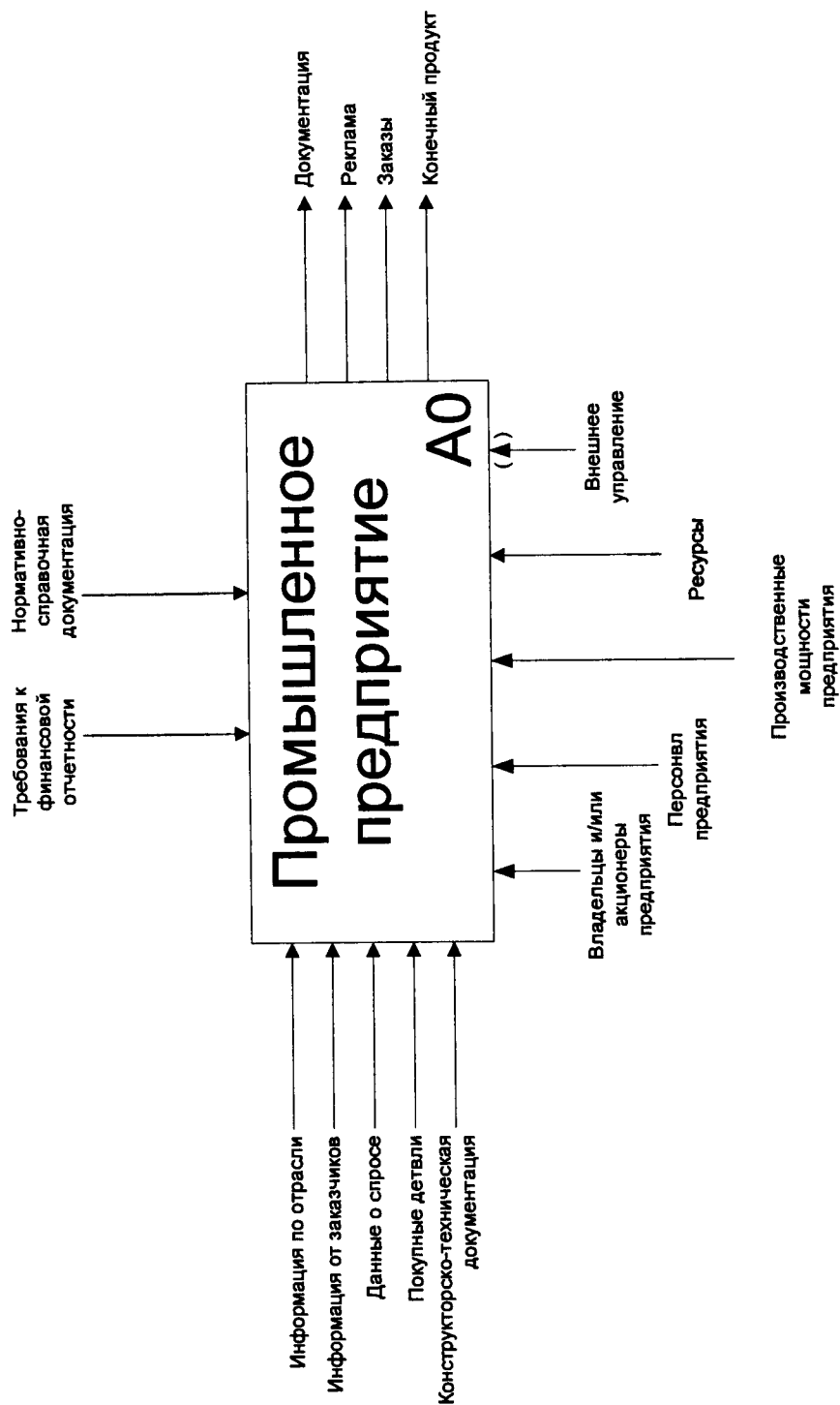


Рис. 3.1.50. Связи и информационные потоки промышленного предприятия

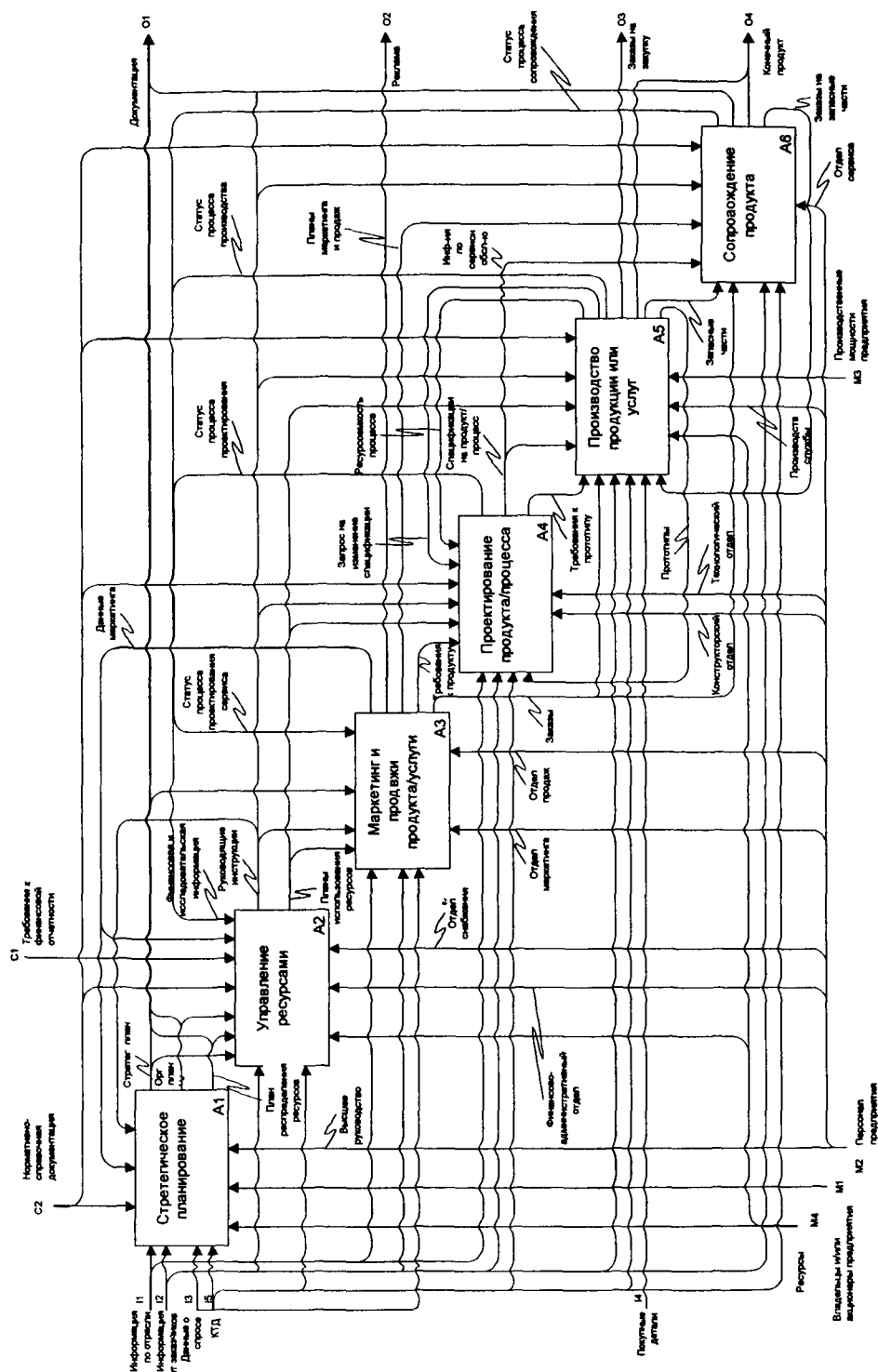


Рис. 3.1.51. Функциональная схема промышленного предприятия

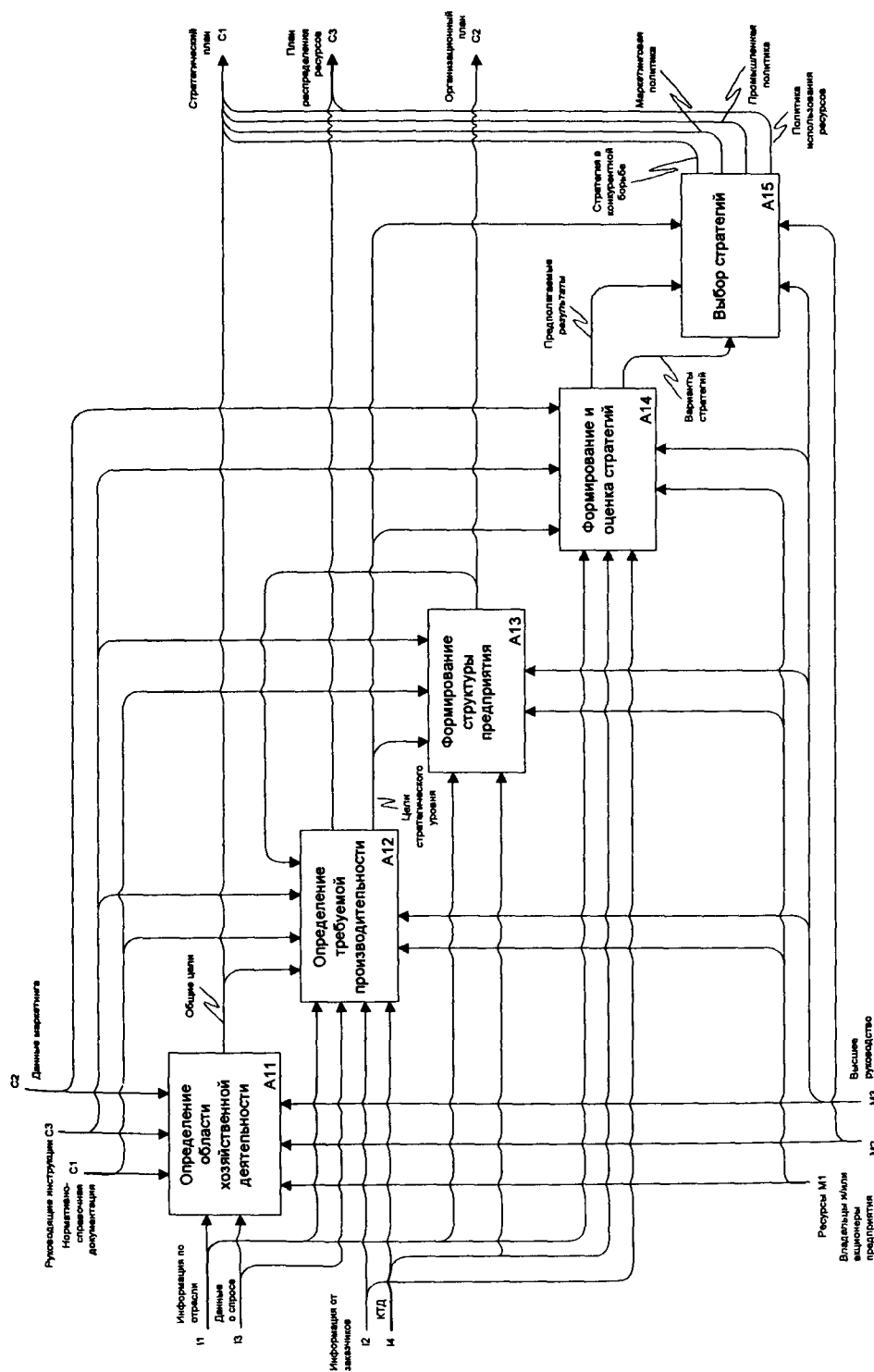


Рис. 3.1.52. Функциональный блок "Стратегическое планирование"

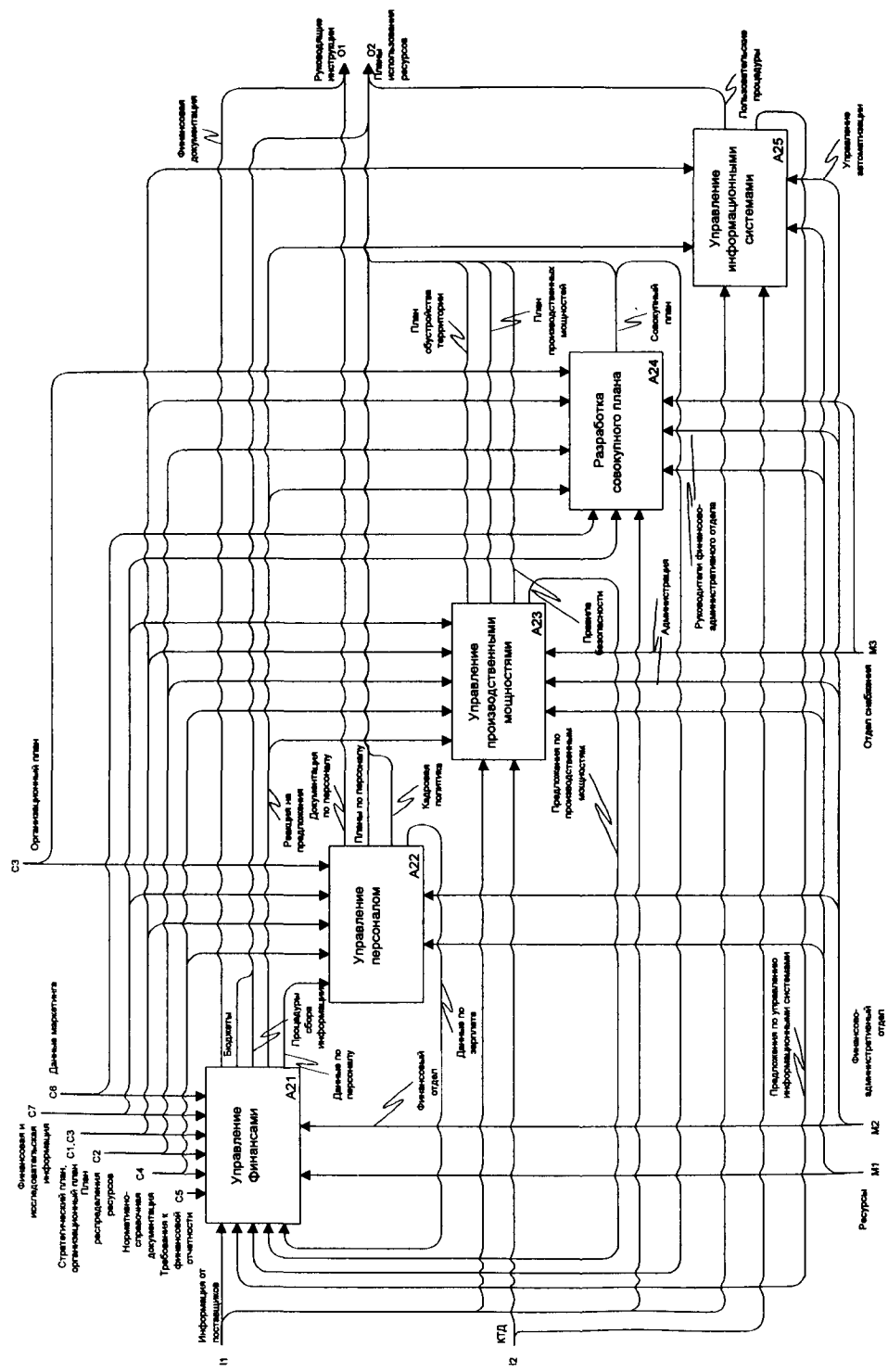


Рис. 3.1.53. Функциональный блок "Управление ресурсами"

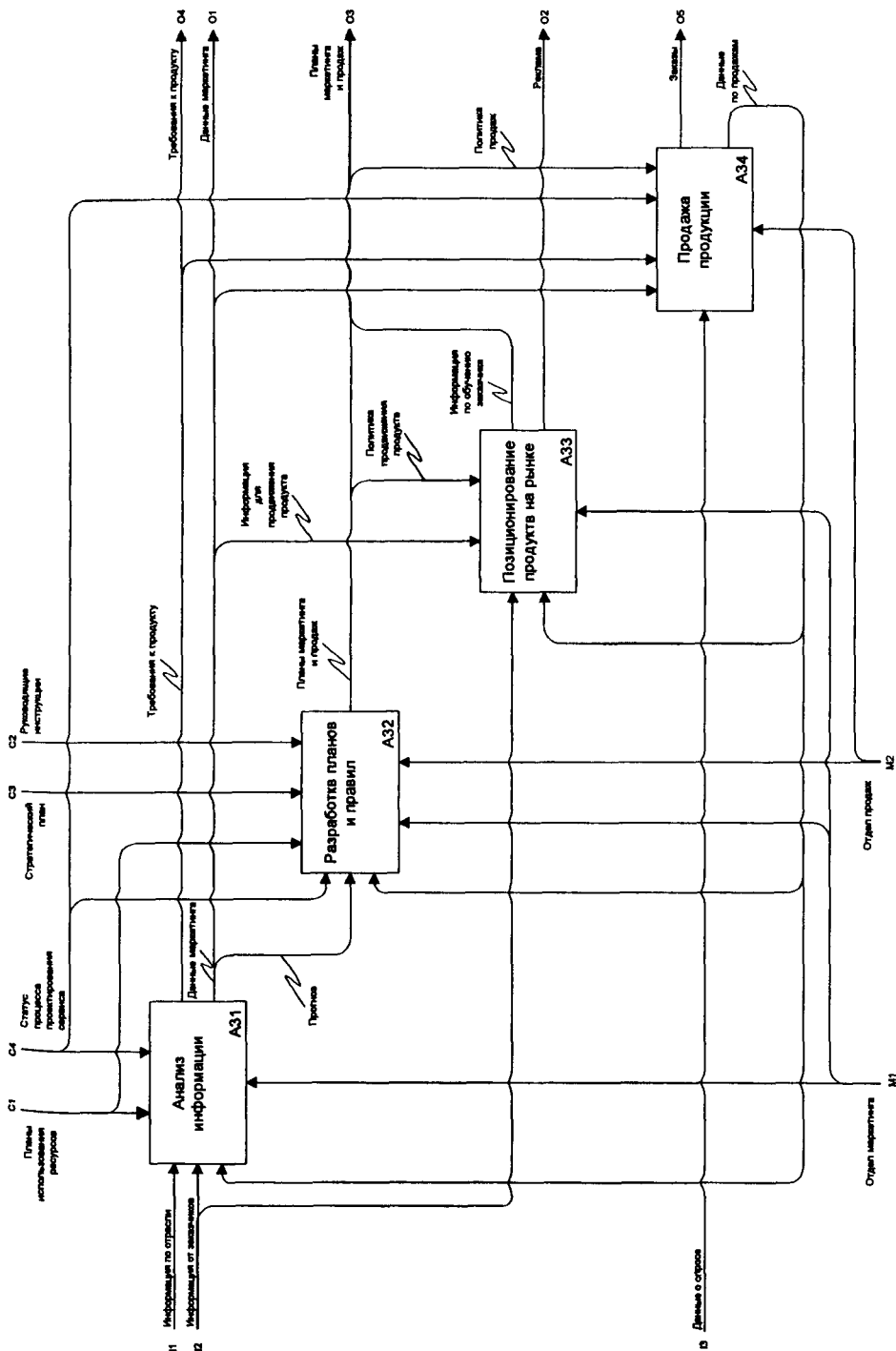


Рис. 3.1.54. Функциональный блок "Маркетинг и продажа продукта/услуг"

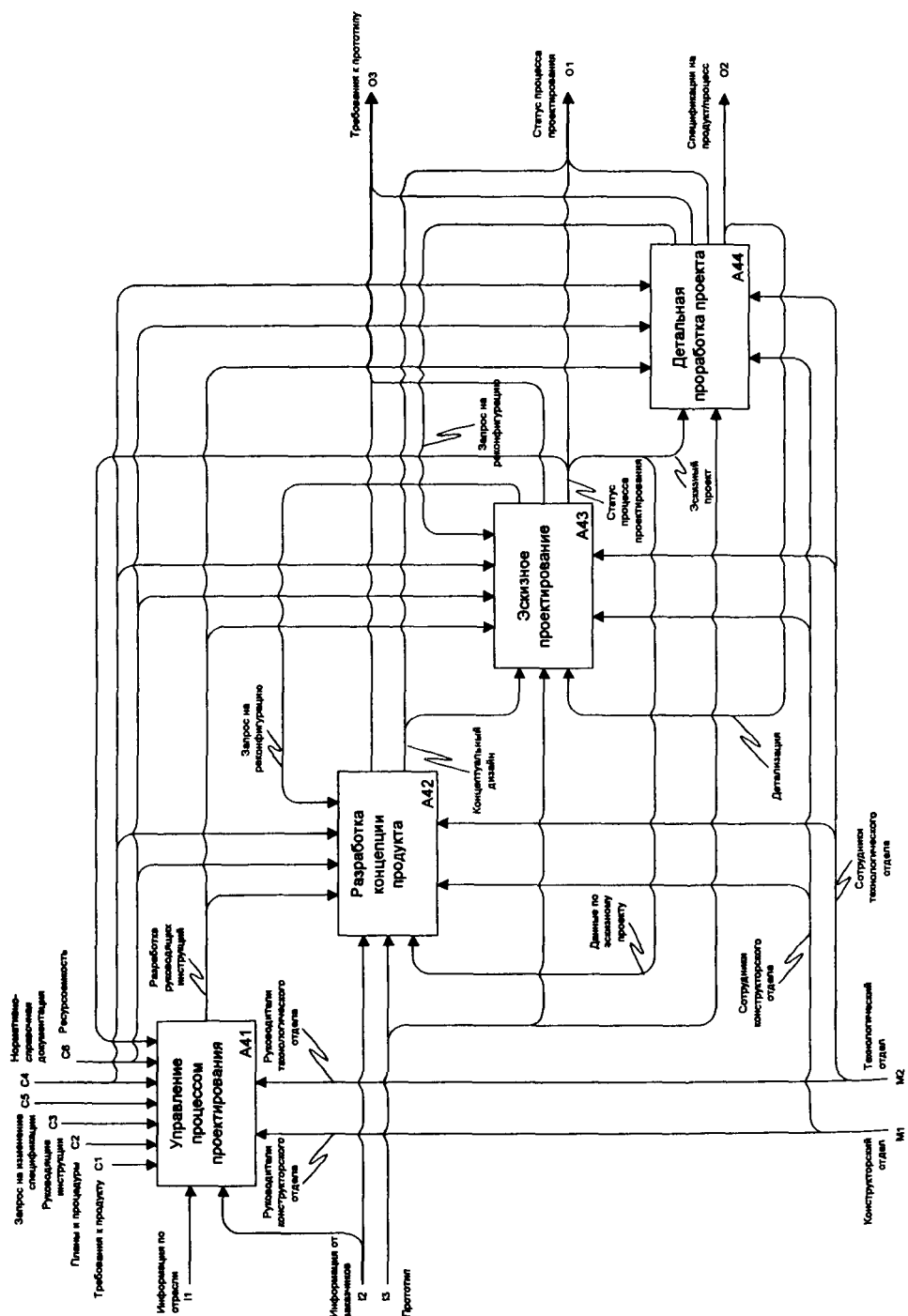


Рис. 3.1.55. Функциональный блок "Проектирование продукции и процессов с использованием новых технологий"

Пятый функциональный блок А5 "Производство продукции или услуг" также может существенно отличаться в зависимости от области деятельности предприятия. Этот функциональный блок включает в себя следующие направления: планирование процесса производства, управление производственной деятельностью, непосредственно само выполнение производственных операций, сопровождение продукции в части, касающейся внутренней транспортировки и складирования, сопровождение и ремонт производственных мощностей, а также дистрибуцию продукции (рис. 3.1.56).

Последний шестой функциональный блок А6 "Сопровождение продукта" также как и предыдущие два блока может существенно отличаться в зависимости от области деятельности предприятия. Этот функциональный блок включает в себя следующие направления: управление поддержкой продукта, подготовку сопроводительной, сервисной, учебной и иной документации, предложение обучения, предложение услуг сервиса и предложение запасных частей (рис. 3.1.57).

Традиционные методы, в большинстве своем, не имеют достаточных предпосылок для модификации. МРП позволяет пользователю выделить любое направление деятельности в качестве приоритетного в зависимости от потребностей предприятия. МРП может проводиться в любых удобных для предприятия временных рамках. Обычно для достижения существенных результатов процесс реструктуризации предприятия требует годы. В течение этого периода акценты на различные действия МРП могут меняться.

МРП начинается с анализа предприятия (рис. 3.1.58), его тенденций развития и составления плана достижения результатов, как определено в функциональном блоке А1 "Разработка стратегии" на рис. 3.1.59.

Общая цель, как и следует из названия, является предположением о том, каким предприятие станет в отдаленном будущем. Стратегия является основой для плана реструктуризации для достижения этой цели. План реструктуризации формируется культурными, процессуальными и технологическими направлениям деятельности как представлено в следующих функциональных блоках: А2 "Создание желаемой атмосферы", А3 "Интеграция бизнеса предприятия" и А4 "Разработка технологических решений". МРП описывается с помощью парадигмы процессов, где вся дея-

тельность считается процессом. Согласно этой парадигме цель достигается посредством процессов, которые имеют культурный, процессуальный и технологический компоненты.

Под процессом понимается последовательность связанных между собой хозяйственных операций, имеющая входные потоки и предполагающая их преобразование в желаемый результат.

Чтобы достичь цели посредством процессов, каждый из которых состоит из этих трех компонентов, план реструктуризации должен содержать стратегии, которые будут направлены на эти компоненты. Нужно иметь в виду, что процесс преобразования никогда не заканчивается. Реструктурирующееся предприятие постоянно преследует какую-либо цель. Хотя цель через какое-то время может измениться, необходимо ее иметь в качестве ориентира.

По этой причине в структуре МРП функциональный блок "Разработка стратегии" стоит первым. Если предприятие приближается к цели, устанавливается новая цель. Объединенный план реструктуризации, идентифицированный как "Стратегия" в IDEF0-представлении МРП, предлагает структурированный руководящий принцип или то, как преобразование будет осуществлено. В действительности план должен быть переработанным вариантом МРП, скорректированным для соответствия потребностям предприятия. Настройка включает в себя: подчеркивание специфических частей МРП, упорядочивание последовательности действий и определение времени, за которое они произойдут. Объединенный план реструктуризации или "Стратегия" находится в первом функциональном блоке, обозначающем действие МРП для обеспечения управления преобразованием.

Следующий функциональный блок А2 "Создание благоприятной атмосферы" представляет собой процесс создания психологической обстановки, способствующей реструктуризации предприятия [20]. Компетентная корпоративная культура лежит в основе этого процесса и включает в себя знания, амбиции и способности, необходимые для облегчения процесса преобразования. Такая культура характеризуется постоянным желанием людей узнавать новое и критически мыслить [32]. Корпоративная культура – это коллективные нормы, отношения, убеждения, ожидания, предубеждения и предположения сотрудников предприятия, которые возникли с течением

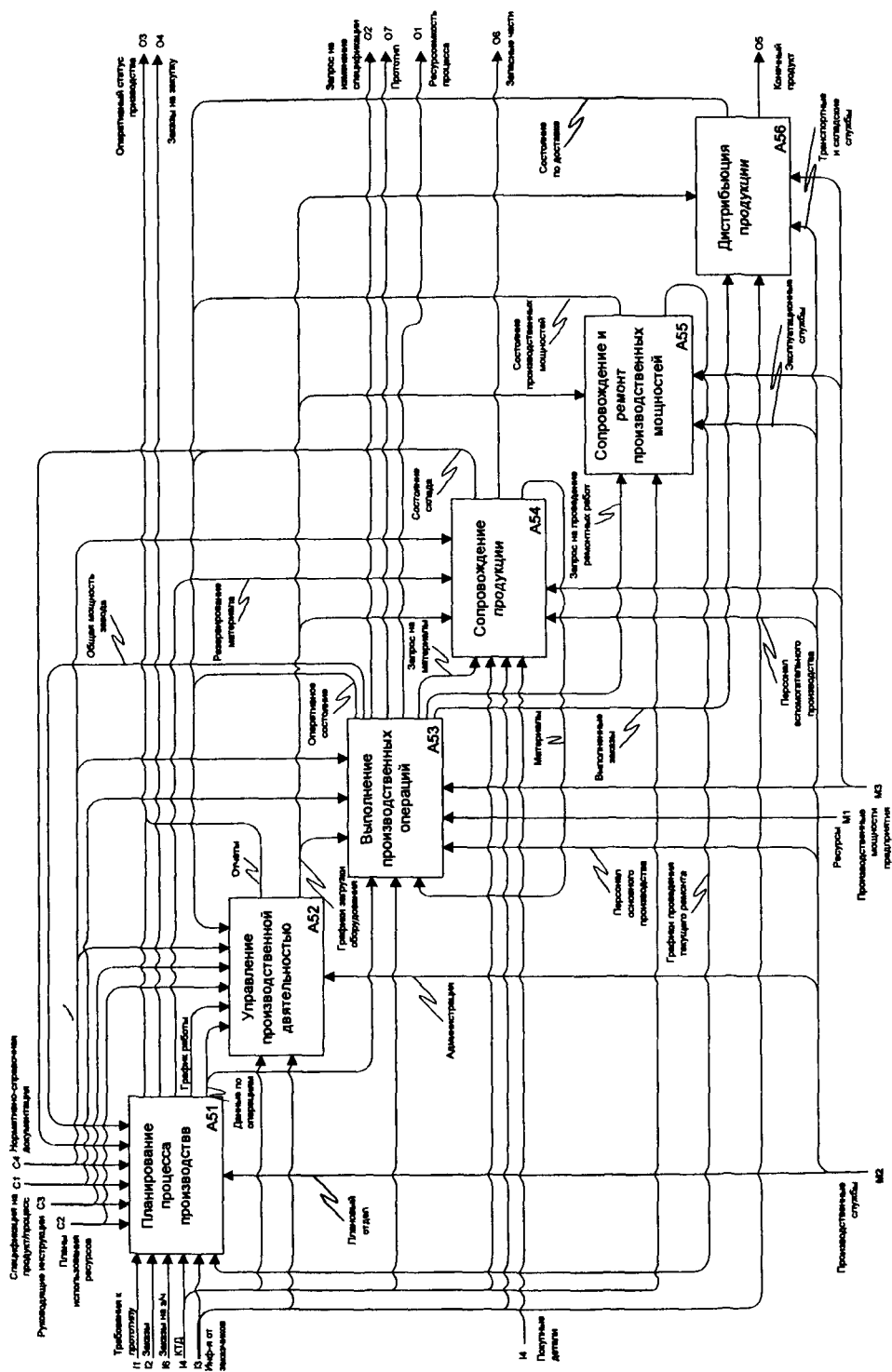


Рис. 3.1.56. Функциональный блок "Производство продукции и услуг"

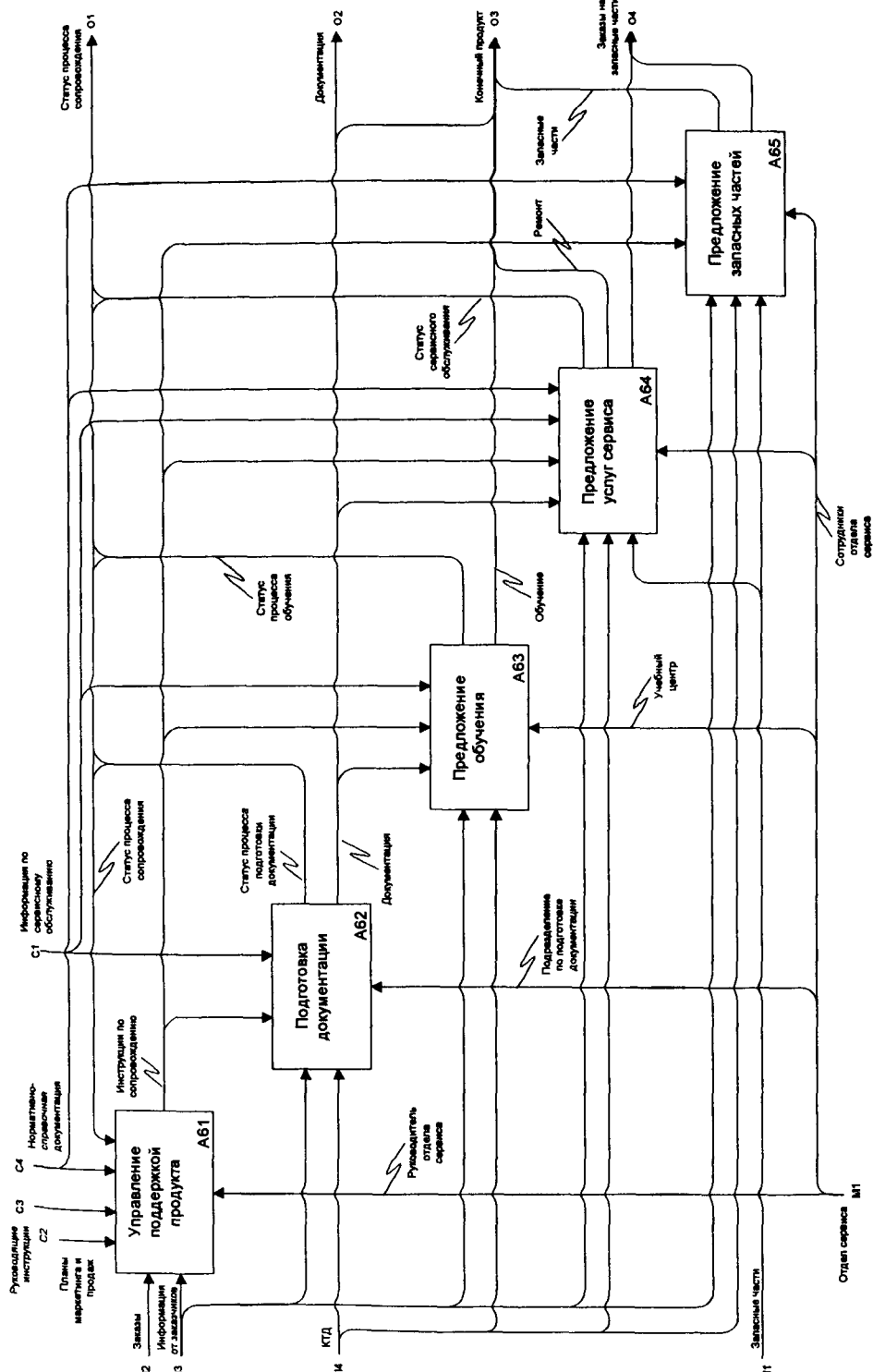


Рис. 3.1.57. Функциональный блок "Сопровождение продукта"

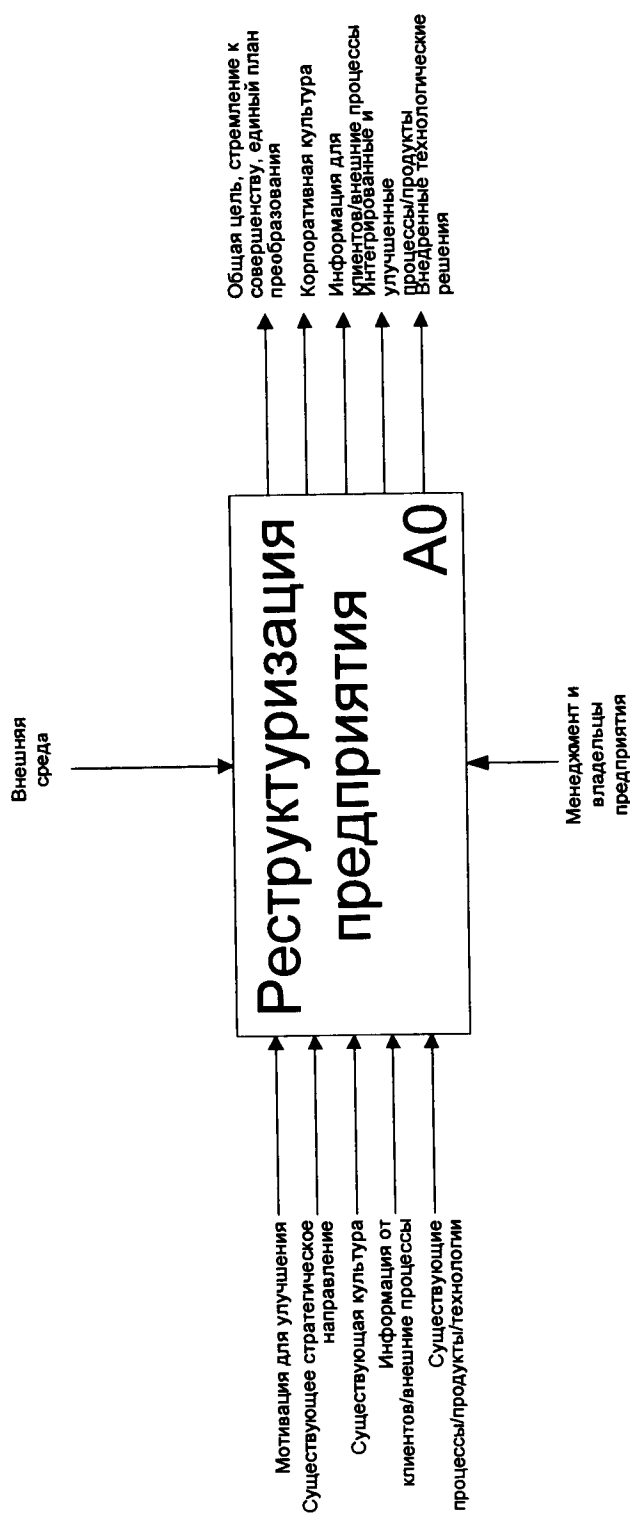


Рис. 3.1.58. Внешние связи и потоки методики проведения реструктуризации предприятия

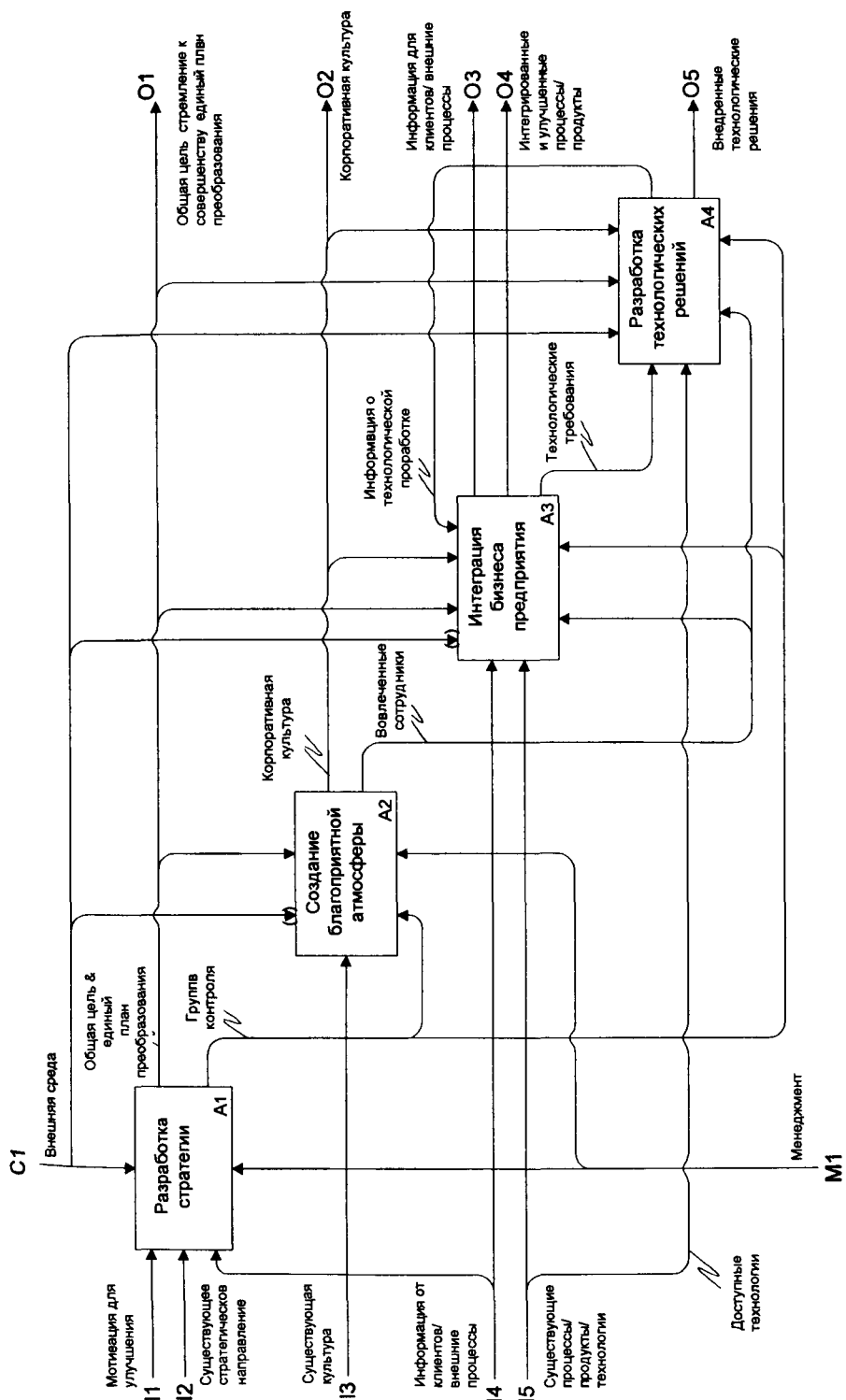


Рис. 3.1.59. Функциональная схема методики проведения реструктуризации предприятия

времени. Нормы являются набором авторитетных стандартов, призванных управлять соответствующим или несоответствующим поведением для группы и часто сопутствуют таким вопросам как, например, качество, исполнительность, гибкость и разрешение противоречий. Убеждения включают в себя сведения о мире, о его законах и причинно-следственных связях [29].

Создание благоприятной атмосферы является деятельностью, которая формирует психологическую обстановку, способствующую реструктуризации предприятия (рис. 3.1.60). Корпоративная культура лежит в основе этого процесса и включает в себя знания, амбиции и способности, необходимые для облегчения преобразования. Такая культура характеризуется постоянным желанием людей узнавать и поощряет критическое мышление. Для создания и поддержания благоприятной среды, люди должны понимать, к чему стремится предприятие и как оно собирается достичь цель.

Атмосфера может выступить в качестве общественной управляющей системы, которая во многом формирует поведение индивидуумов и групп. Она поддерживается и сопровождается методами управления, процедурами, оценками и системами вознаграждения, организационными структурами и людьми в пределах них [26, 30]. Люди являются неотъемлемой частью всех процессов. Это первичный ресурс, который заставляет процессы работать. Поскольку любая деятельность является процессом, включая и процесс реструктуризации, культурные стратегии расположены на втором месте в системе приоритетов МРП.

Третий функциональный блок А3 "Интеграция бизнеса предприятия" служит для составления описания процесса выполнения реструктуризации.

Под интеграцией (лат. *integratio* – восстановление, восполнение; *integer* – целый) понимается процесс, ведущий к приведению отдельных дифференцированных частей системы к единому целому.

Эта деятельность фокусируется на повышении эффективности всех хозяйственных процессов предприятия, т.е. тех, которые превращают материалы в продукцию, например, обрабатывающее производство, обеспечивают направление для предприятия, например, стратегическое планирование, и собирают ресурсы, чтобы обслуживать предприятие, например, резервирование капитала для приобретения

оборудования. Таким образом, все процессы предприятия предназначаются для улучшения чего-либо. Процесс улучшения является целью всех стратегий предприятия, но это не может произойти без людей и наличия общей цели. Следовательно, это третье направление деятельности в структуре МРП.

Интеграция бизнеса предприятия – деятельность, которая превращает существующие процессы и продукты в оптимизированные (рис. 3.1.61). Это может быть проведено посредством четырех направлений деятельности, представленных следующими функциональными блоками: А31 "Понимание потенциального клиента", А32 "Понимание и улучшение продукта", А33 "Понимание и улучшение процесса" и А34 "Разработка и внедрение эффективных методов управления".

Четвертый функциональный блок А4 "Разработка технологического решения" обеспечивает улучшение процесса. Технология является любым научным механизмом, продуктом или алгоритмом, который заставил бы процесс работать. Поскольку улучшения процессов происходят в функциональном блоке, обозначенном как "Интеграция бизнеса предприятия", технологию можно определить как нечто, что делает улучшения реальностью.

Технология расположена на последнем месте в декомпозиции МРП, чтобы подчеркнуть утверждение, что процессы в большинстве случаев должны интегрироваться и улучшаться прежде, чем реализовывать технологию. Улучшение процессов до реализации технологии гарантирует, что процесс достигнет оптимальной эффективности, прежде чем поглотит большие суммы на технологии, которые имеют неопределенные преимущества.

Разработка технологических решений является деятельностью, которая преобразовывает технологические требования, определенные на этапе "Интеграции бизнеса предприятия" в технологические решения (рис. 3.1.62).

Разработка стратегии является деятельностью, которая определяет желаемое будущее предприятия и разрабатывает практические средства его достижения (рис. 3.1.63). Она распадается на следующие составные части: деятельность по построению обязательств по реструктуризации предприятия, деятельность по разработке стратегической цели, деятельность по оценке внешней среды и деятельность по разработке единого плана преобразования.

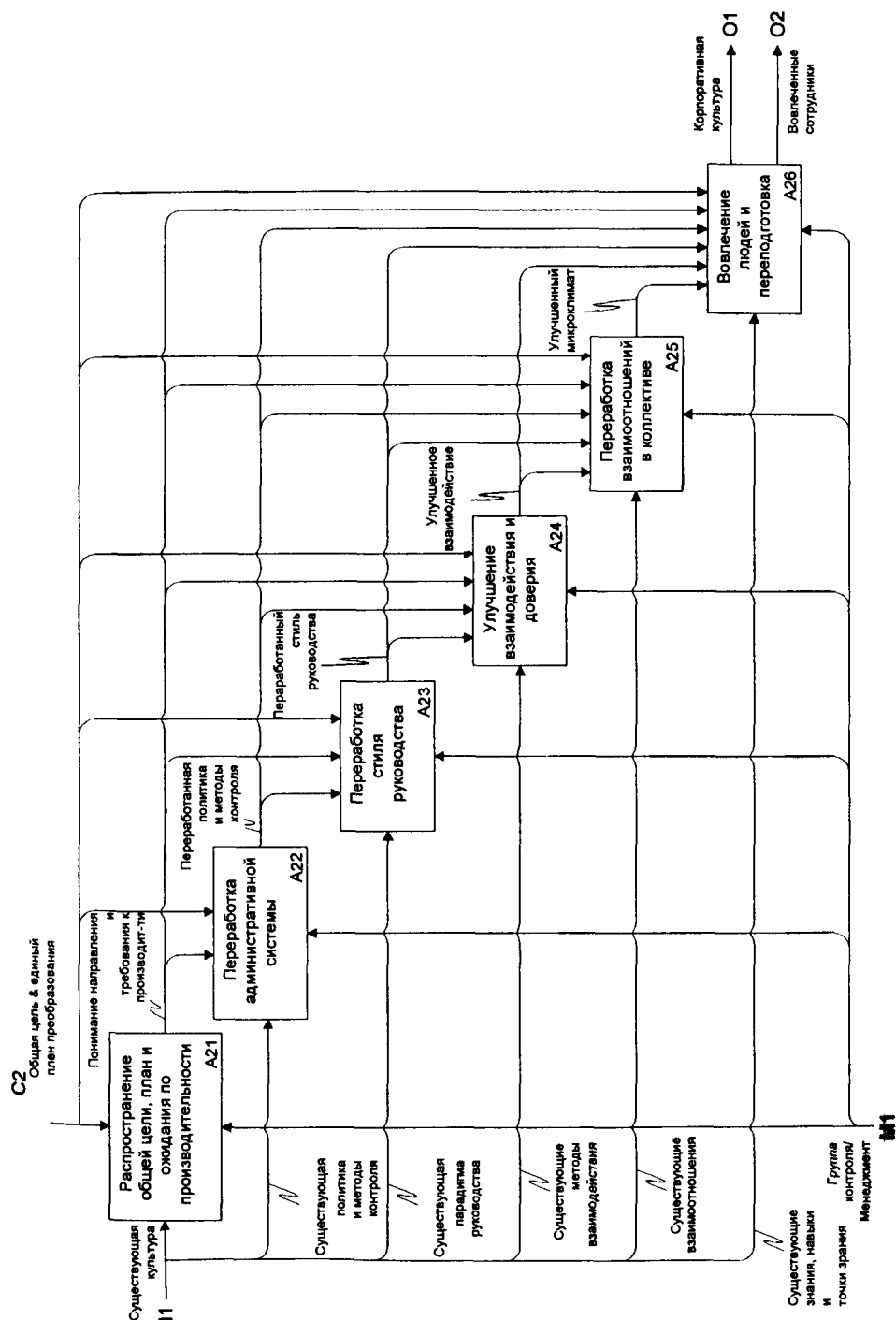


Рис. 3.1.60. Функциональный блок "Разработка стратегии"

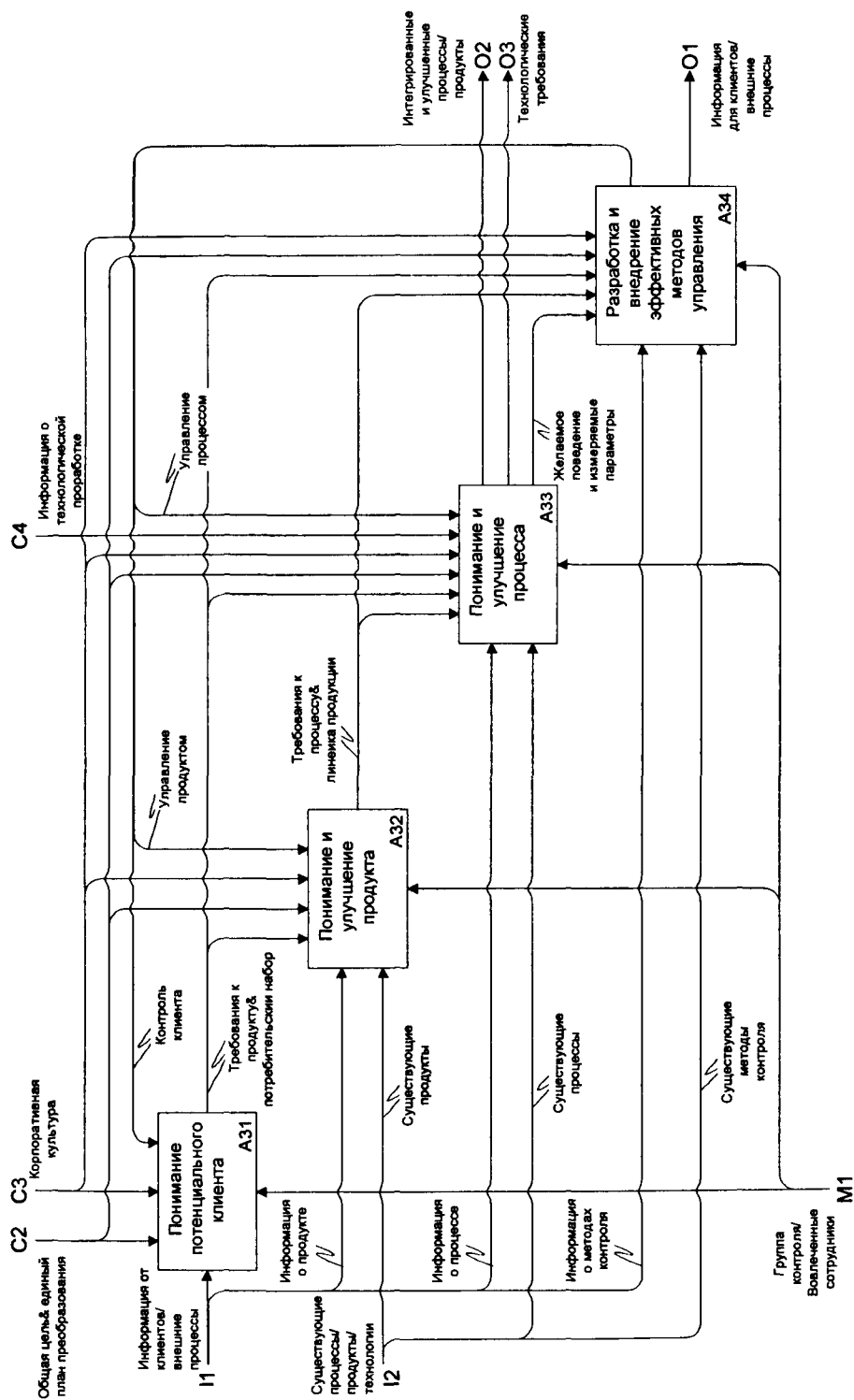


Рис. 3.1.61. Функциональный блок "Создание благоприятной атмосферы"

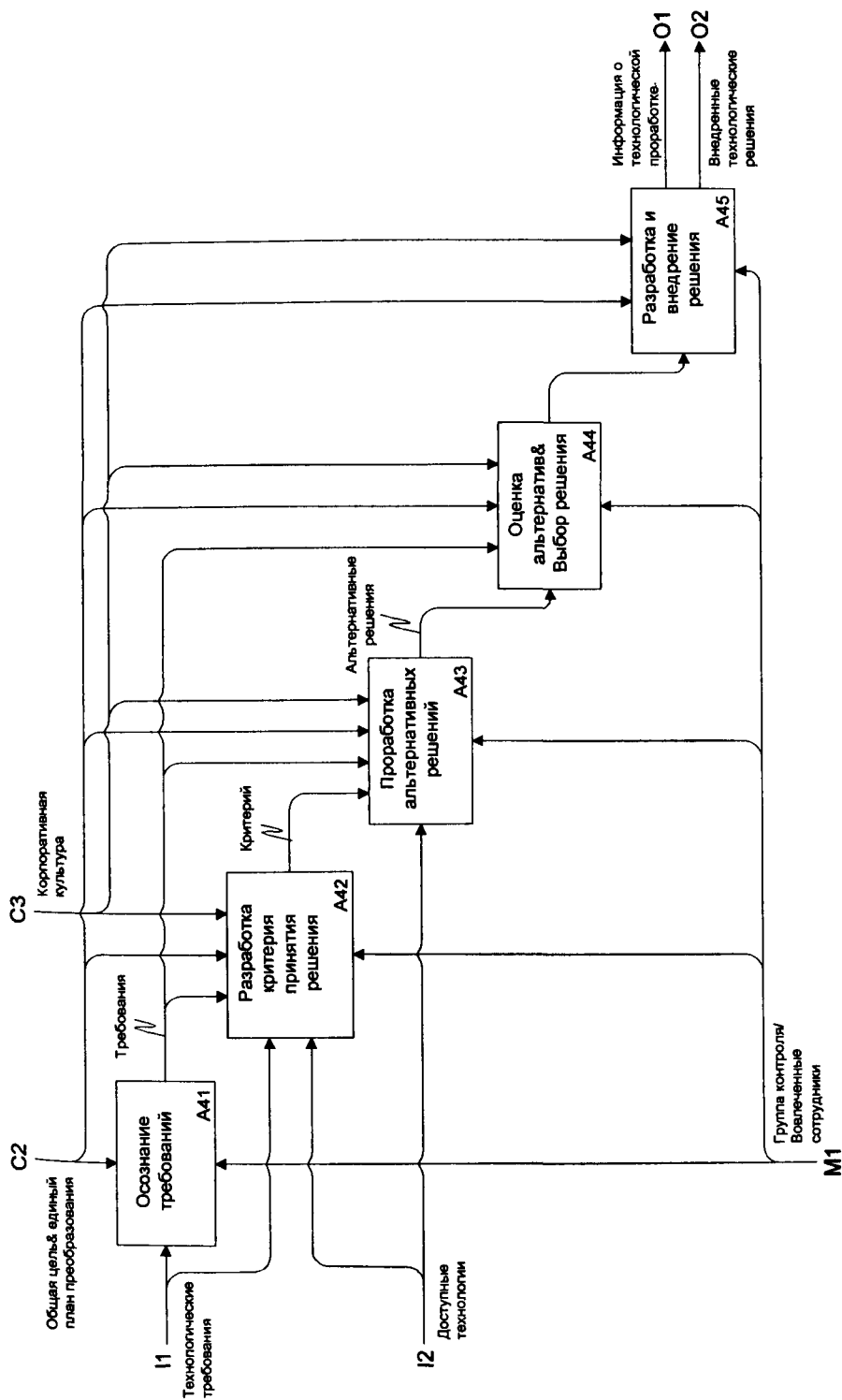


Рис. 3.1.62. Функциональный блок "Интеграция бизнеса предприятия"

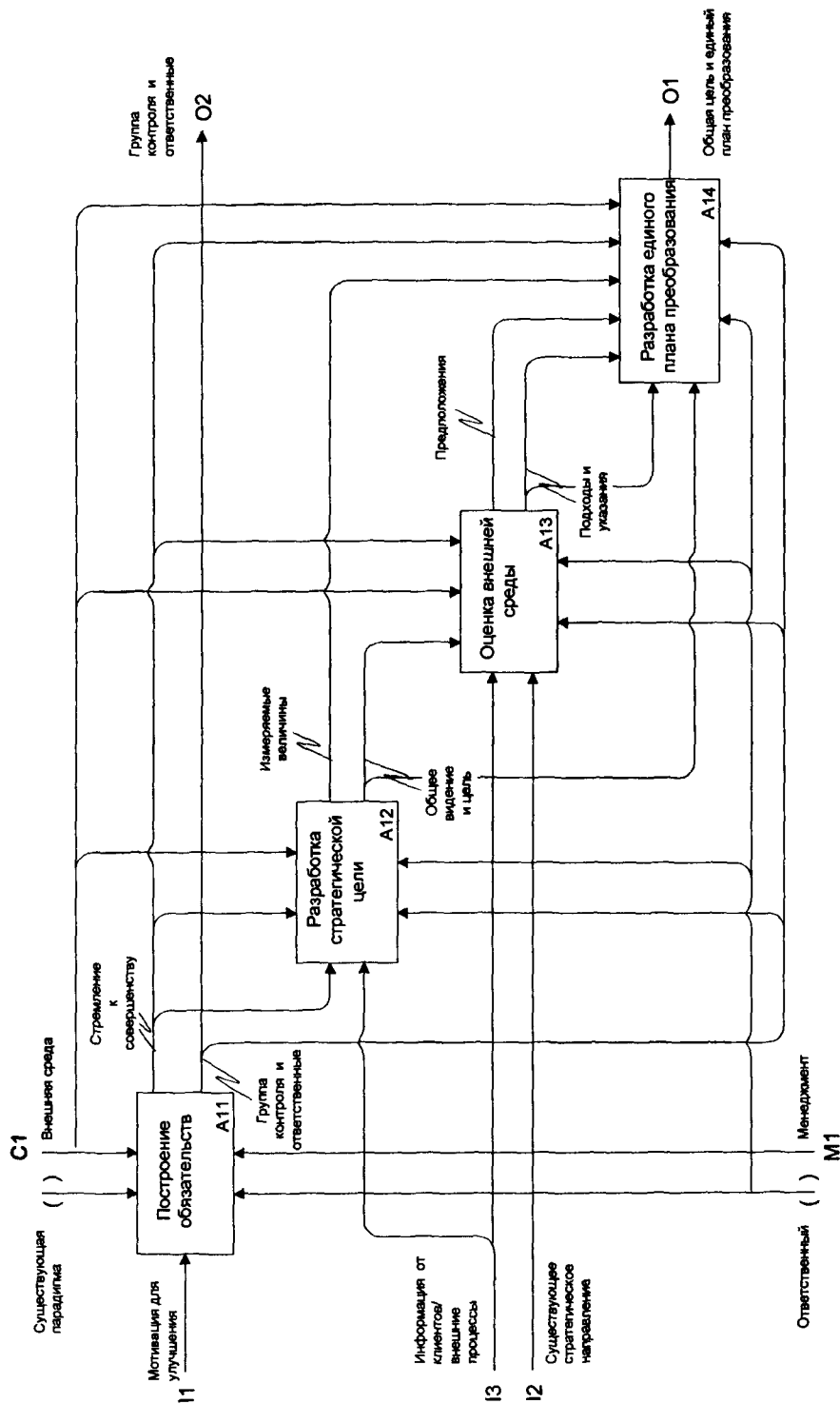


Рис. 3.1.63. Функциональный блок "Разработка технологических решений"

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бахур А.Б.** Концептуальные основы системного подхода и содержание современной инженерной практики.
2. **Бирман Г., Шмидт С.** Экономический анализ инвестиционных проектов / Пер. с англ. под ред. Л.П. Белых. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. 637 с.
3. **Грузинов В.П., Грибов В.Д.** Экономика предприятия: Учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 1998. 208 с.
4. **Жданов С.А.** Экономические модели и методы в управлении. М.: Изд-во "Дело и Сервис", 1998. 176 с.
5. **Захаров М.Н.** Контроллинг на предприятии (на примере германского АО "Рургаз") / ГАНГ им. И.М. Губкина. М., 1996. 19 с.
6. **Промышленная логистика.** Логистико-ориентированное управление организационно-экономической устойчивостью промышленных предприятий в рыночной среде / И.Н. Омельченко, А.А. Колобов, А.Ю. Ермаков и др. Под ред. А.А. Колобова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. 204 с.
7. **Управление инвестициями:** В 2-х т. Т. 1 / В.В. Шеремет, В.М. Павлюченко, В.Д. Шапиро и др. М.: Высшая школа, 1998. 416 с.
8. **Финансовый менеджмент** / Под ред. Е.С. Стояновой. М.: Перспектива, 1995. 194 с.
9. **Хачатуров С.Е.** Организация производственных систем (Теоретическое обоснование организационной науки). Тула: Изд-во "Шар", 1996.
10. **Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С.** Методика финансового анализа. М.: ИНФРА-М, 1996. 176 с.
11. **Экономическая стратегия фирмы:** Учебное пособие / Под ред. засл. деят. науки РФ, докт. экон. наук, проф. А.П. Градова. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Специальная Литература, 1999. 589 с.
12. **Barber N.F.** Organizing For Integrated Manufacturing // Enterprise Architectures. Vol. I: CIM Strategies. 1990.
13. **Brigham E.F., Gapenski L.C.** Financial Management. Theory and Practice. The Dryden Press. Harcourt Brace College Publishers, 1994. 1250 p.
14. **Bunn M.D.** Taxonomy of Buying Decision Approaches // Journal of Marketing. Vol. 57, N 1. 1993. P. 38 – 56.
15. **Business Process Reengineering Assessment Guide** / General Accounting Office, Exposure Draft, Vol. 10. 1995. 343 p.
16. **Business Process Reengineering: Break Point Strategies for Market Dominance** / Johanson H.J., McHugh P., Pendlebury A.J. and other. Chichester U.K.: John Wiley & Sons, Ltd., 1993. 315 p.
17. **Davenport T.H.** Business Process Reengineering: The Fad that Forgot the People // Fastcompany Magazine World Web Homepage. URL <http://www.fastcompany.com>. 1996. 87 p.
18. **Davenport T.H.** Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology. Boston, MA.: Harvard Business School Press, 1993. 143 p.
19. **Davenport T.H., Short J.E.** The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign // Sloan Management Review. 1990. Summer. P. 11 – 27.
20. **Flanagan P.** The ABC of Changing Corporate Culture // Management Review. Vol. 84, N 7. 1995. P. 57 – 61.
21. **Hammer M., Champy J.** Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. London: Nicholas Brealey Publishing, 1993. 256 p.
22. **Hess T., Breacht L.** State of the Art des Business Process Redesign: Darstellung und Vergleich Bestehender Methoden. Wiesbaden: Dr. Th. Gabler Verlag, 1995. 154 p.
23. **Manganelli R., Raspa S.P.** Business Reengineering Failures // Management Review. 1995. July. 32 p.
24. **Manganelli R.L., Klein M.M.** The Reengineering Handbook: A Step-By-Step Guide to Business Transformation. New York, N.Y.: Amacom, 1994. 112 p.
25. **Naik B., Chakravarty A.K.** Strategic of New Manufacturing Technology: A Review and Research Framework // International Journal of Production Research. Vol. 30, N 7. 1992. P. 1575 – 1601.
26. **O'Reilly C.** Corporations, Culture, Commitment: Motivation and Social Control in Organization // California Management Review. Vol. 31, N 4. 1989. P. 9 – 25.
27. **Overview of Kodak Reengineering Methodology.** Beyond the Basics of Reengineering: Survival Tactics for the '90s. Institute of Industrial Engineers (ed.). White Plains. N.Y.: Quality Resources, 1995. 211 p.
28. **Ponce-de-Leon J.A., Rai A., Melcher A.** Alternative IT Strategies: Organizational Scope and Application Delivery. In: Grover V., Kettinger W.J. Business Process Change: Concepts, Methods and Technologies. Harrisburg: Idea Group Publishing, 1995. P. 187 – 207.

29. Romm, Tsilia and other. Identifying Organizational Culture Clash on MIS Implementation // Information & Management. Vol. 21. 1991. P. 99 – 109.

30. Scheider B., Gunnerson S.K., Niles-Jolly K. Greeting and Climate and Culture of Success // Industrial Engineering. Vol. 23, N. 5. 1991. P. 28 – 31.

31. Schumacher Wolf D. Managing Barriers to Business Reengineering Success // World Wide Web Homepage. URL http://www.prosci.com/w_0.htm. 1997. 125 p.

32. Spitzer T.Q., Tobia P.M. People-wise Organizations: The Human Side of Change // Management Review. Vol. 83, N. 10. 1994. P. 44 – 47.

33. Strategic Management: Concepts, Decisions, Cases 2nd Ed. / Digman L.A. Homewood, IL: Irwin, 1990.

Глава 3.2

ОПЕРАТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

3.2.1. ФУНКЦИИ И ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Оперативное планирование и управление (ОПУ) является завершающим этапом внутрипроизводственного планирования. Объектом ОПУ является поток движения предметов труда, согласованный во времени и пространстве с условиями, средствами и исполнителями операций производственного процесса. В процессе ОПУ производственные задания в рамках ТЭП распределяются по исполнителям (цехам, участкам и рабочим местам) на квартал, месяц, декаду, неделю, сутки, смену, а в условиях массового производства нередко и на час.

К параметрам потока движения предметов труда в производстве предъявляются следующие требования: поток должен включать изготовление всех изделий, предусмотренных производственным планом; каждое изделие должно быть изготовлено в количествах и в сроки, точно соответствующие плановым; поток должен обеспечивать оптимальное использование производственных ресурсов (оборудования, рабочей силы); выпускаемые изделия должны отвечать требованиям заданного качества. Эти требования и предопределяют основную цель подсистемы ОПУ, которая состоит в организации выпуска предприятием запланированного количества изделий высоко-

го качества в заданные сроки при рациональном использовании производственных ресурсов, а также путем выявления и мобилизации внутрипроизводственных резервов.

В зависимости от целенаправленности задач и методов их решения, в ОПУ выделяются два взаимосвязанных этапа: календарное планирование и диспетчирование производства. Календарное планирование включает распределение программного задания по производственным подразделениям и календарным отрезкам времени, а также строгое согласование элементов производственного процесса во времени. Диспетчирование имеет своей целью регулирование хода производства, оперативный контроль и учет выпуска продукции. Эти два вида плановой работы выполняются плановиками и диспетчерами производственно-диспетчерского отдела (ПДО) предприятия и производственно-диспетчерских бюро (ПДБ) цеха.

Задачи, решаемые в рамках подсистемы ОПУ, весьма сложны и разнообразны, некоторые из них характеризуются значительной сложностью и должны решаться в сжатые сроки. Состав задач зависит от многих факторов и прежде всего от типа производства и принятой на предприятии системы оперативного планирования. Однако можно выделить общие основные функции подсистемы.

План производства и реализации продукции является выходом подсистемы ТЭП. В последнем определена годовая производственная программа завода в номенклатурно-количественном выражении с разбивкой по кварталам, а иногда и по месяцам. Для подсистемы ОПУ эта производственная программа является входом, формой конкретизации цели функционирования на предстоящий плановый период.

В выполнении производственной программы участвуют разные подразделения. Поэтому на первом этапе должна быть четко определена доля участия каждого цеха и участка в соответствии с их специализацией и располагаемыми производственными ресурсами. С этой целью в подсистему ОПУ в качестве исходной информации должны быть введены: конструкторские спецификации изделий с указанием применяемости деталей и сборочных единиц; технологический маршрут изготовления (расцеховка); подетальные и пооперационные нормы времени и др.

Эти данные являются выходом подсистемы технической подготовки производства. Весь комплекс решаемых на этом этапе задач объединяется в группу функций объемного оперативного планирования, где каждому цеху (участку) на квартал и месяц задается номенклатурная программа запуска и выпуска деталей, сборочных единиц и изделий, исходя из специализации подразделений и их производственной мощности (табл. 3.2.1).

Так как каждый предмет труда в машиностроении последовательно подвергается обработке на различных рабочих местах технологи-

ческого маршрута, на следующем этапе ОПУ возникает необходимость календарной увязки выполнения всех операций со сроками выпуска готовой продукции. Кроме того, одновременный выпуск большой номенклатуры изделий предприятием вызывает необходимость установления очередности и календарной увязки выполнения работ на одном и том же рабочем месте. Весь комплекс задач по календарной увязке потока движения предметов труда объединяется в группу функций оперативно-календарного планирования. Состав входной и выходной информации по данной группе функций подсистемы представлен в табл. 3.2.2.

3.2.1. Состав входной и выходной информации по группе функций объемного оперативного планирования

Входная информация	Выходная информация
1. Производственная программа предприятия	1. Номенклатурная программа запуска-выпуска деталей, сборочных единиц, изделий подразделений производственной структуры
2. Конструкторские спецификации изделий, применяемость деталей, сборочных единиц в изделиях	2. Трудоемкость выполнения номенклатурной программы
3. Технологический маршрут изготовления деталей, сборочных единиц, изделий	3. Потребный фонд времени работы оборудования
4. Подетальные и пооперационные нормы времени	4. Загрузка производственных мощностей подразделения

3.2.2. Состав входной и выходной информации по группе функций оперативно-календарного планирования

Функции подсистемы	Входная информация	Выходная информация
Расчет календарно-плановых нормативов	Подетальная производственная программа. Технологический маршрут изготовления деталей. Штучные нормы времени	Производственный цикл. Оперережение запуска-выпуска. Величина партии. Периодичность запуска-выпуска. Внутрицеховые и межцеховые заделы. Темп и ритм производства
Разработка межцеховых календарных планов-графиков	Подетальная производственная программа. Производственный цикл. Межцеховой технологический маршрут движения детали. Величина партии. Периодичность запуска-выпуска	Сроки запуска-выпуска партии деталей разных изделий по месяцам и кварталам для каждого цеха. Календарное использование производственной мощности
Разработка внутрицеховых календарных планов-графиков	Межцеховые календарные планы-графики. Внутрицеховой маршрут движения детали. Величина партии. Периодичность запуска-выпуска. Пооперационные нормы времени. Производственный цикл по операциям	Сроки запуска-выпуска партии деталей по операциям для каждого участка. Календарное использование производственной мощности участка внутри месяца

3.2.3. Состав входной и выходной информации по группе функций оперативного учета и регулирования производства

Входная информация	Выходная информация
<i>Оперативный учет производства</i>	
Фактические результаты движения предметов труда	Выполнение оперативных заданий на рабочих местах. Фактический расход производственных ресурсов
<i>Подготовка и выдача заданий на рабочие места</i>	
Внутрицеховой календарный план-график. Результаты выполнения предшествующих заданий	Количество и срок обработки деталей по операциям на каждом рабочем месте
<i>Диспетчирование (регулирование)</i>	
Календарные планы-графики	Предписания подразделениям, службам и рабочим, корректирующие количество и сроки выпуска
Сведения о фактическом выполнении планов-графиков и оперативных заданий	Отклонения по количеству и срокам фактического выполнения планов-графиков

В связи с большой сложностью производственного процесса в оперативно-календарных планах невозможно предусмотреть все возможные производственные ситуации (временное отсутствие материалов и заготовок, выход из строя оборудования и технологической оснастки, болезни рабочих, появление брака и др.), что приводит к отклонениям в ходе выполнения календарных планов-графиков. Поэтому возникает необходимость в осуществлении управляющих воздействий на ход производственного процесса. В табл. 3.2.3 приводится состав входной и выходной информации по группе функций оперативного учета и регулирования производства.

Таким образом, в подсистеме ОПУ функции объемно-календарного планирования обеспечивают четкую конкретизацию общей цели производства для каждого структурного подразделения предприятия на определенный плановый период; функции оперативного учета выступают в качестве обратной связи потока движения предметов труда, фиксируя фактический ход выполнения календарных планов-графиков; функции оперативного регулирования (диспетчирования) заключаются в конкретном осуществлении прямой связи подсистемы с ходом производственного процесса, где происходит сравнение календарных планов с фактическим их выполнением и разрабатывается регулирующее воздействие на ликвидацию имеющихся отклонений.

Важным моментом в рациональной организации производства на предприятии является организация плано-предупредительного обслуживания рабочих мест материалами, заготовками, инструментом, технологической оснасткой, транспортом, ремонтом и др. Любой недостаток в планировании и организации обслуживания резко нарушает нормальный ход производственных процессов, приводит к значительным потерям рабочего времени. Поэтому в подсистеме ОПУ решается также целый ряд специальных задач по планированию предупредительного обслуживания рабочих мест на основе разработанных календарных планов-графиков работы подразделений основного производства.

3.2.2. БАЗОВЫЕ СИСТЕМЫ ОПУ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Под системой оперативно-календарного планирования производства понимается методика и техника плановой работы, определяемые степенью централизации плановой работы, плано-учетной единицей и дифференциацией плановых процессов, составом календарно-плановых нормативов, а также составом, порядком оформления и движения плановой и учетной документации.

Выбор системы оперативно-календарного планирования производства обуславливается его типом и объемом, номенклатурой и техни-

ческими характеристиками изделий, степенью унификации и применяемости деталей и сборочных единиц, а также производственной структурой предприятия, цеха и участка.

В массовом производстве чаще всего используется партионно-периодическая система и система планирования по ритму запуска (выпуска). При партионно-периодической системе в соответствии с требованиями сборки устанавливается определенная периодичность изготовления партии деталей и сборочных единиц, которая с учетом регулярного режима их комплектования и потребления превращается в стандартное календарное расписание работы участка и цеха. При системе планирования по ритму запуска (выпуска) производится выравнивание производительности всех производственных звеньев участка. Планово-учетными единицами являются изделие, сборочная единица, деталь.

В серийном производстве используются: система планирования по цикловым комплектам (комплектно-групповая система); по опережениям; по комплектovacным номерам и заделам.

При планировании по цикловым комплектам детали объединяются в группы (комплекты) в зависимости от периодичности их изготовления, производственного цикла и маршрута движения. Следовательно, планово-учетной единицей является цикловой (групповой) комплект деталей. Для каждой группы деталей устанавливается дифференцированный срок подачи их на сборку. Использование циклового комплекта позволяет сократить пролеживание деталей и, следовательно, объем незавершенного производства. Эта система применяется, когда выпуск изделий значителен и их изготовление может быть распределено на несколько месяцев в годовом плане; цикл сборки длителен (более одного месяца), она трудоемка, что вызывает необходимость дифференцирования сроков подачи деталей.

По системе планирования по опережениям для каждой партии (серии) изделий, изготавливаемых в предыдущем звене, устанавливается опережение по запуску и выпуску по сравнению с последующим звеном производства. Планово-учетной единицей является комплект (серия) одноименных деталей. Эта система является наиболее универсальной и распространенной в производстве.

Система планирования по комплектovacным номерам (машинокомплектная) характе-

ризуется тем, что изготовление деталей и сборочных единиц для данной машины каждым последующим цехом начинается лишь после поставки предыдущим цехом всех входящих в нее деталей и сборочных единиц. Планово-учетной единицей является комплект деталей, сборочных единиц. Всем сборочным единицам, подлежащим укомплектованию деталями каждого цеха в течение планируемого периода времени, присваиваются порядковые номера. Последний номер присваивается готовым изделиям каждого наименования, которые должны быть выпущены в плановом порядке. При этой системе планирования сроки одновременного запуска и выпуска всего комплекта деталей, как правило, не могут быть соблюдены, что объясняется требованием равномерной загрузки оборудования. Большинство деталей комплекта выпускается раньше общего срока их готовности, т.е. пролеживает между цехами в ожидании следующей стадии производства. Это ограничивает возможность применения машинокомплектной системы. Она используется в крупносерийном производстве, когда число деталей, входящих в машинокомплект, сравнительно невелико, а номенклатура продукции ограничена.

Система планирования по заделам основана на создании нормативного неснижающегося задела по каждой детали и сборочной единице, уровень которого определяется нормативным опережением. Расчет нормативных заделов и опережений производится на основе планов-графиков работы участков, производственных циклов и суточной потребности в деталях данного наименования. После создания заделов в соответствии с нормативами устанавливают всем цехам плановые задания в условных комплектах без дифференцирования по календарным опережениям. Разность между фактическим и нормативным заделами по детали на определенную дату представляет собой число деталей, предназначенных для комплектации. Результат деления этой разности на число деталей, составляющих один условный комплект, определяет число изделий, обеспеченных данной деталью. Планово-учетной единицей системы планирования по заделам является условный комплект, изготовление которого обеспечивает выпуск продукции в заданном объеме на сутки, пятидневку или изделие-представитель.

Планово-учетная единица — это условное изделие или сутко-комплект. Условное изде-

лие включает все изделия, изготавливаемые предприятием в планируемом периоде и оцениваемые по их удельному весу относительно изделия, принятого за условное. В сутко-комплект включается среднесуточное число всех изделий, изготавливаемых и выпускаемых в планируемом периоде. В данной системе планирования используется межцеховая картотека пропорциональности, с помощью которой моделируется движение деталей на условном цеховом конвейере и отражается состояние производства на каждый данный момент по каждой детали, что позволяет регулировать число деталей в заделе или запуск ее в производство. Применение единого сквозного плана-графика дает возможность обеспечивать пропорциональность в работе цехов и осуществлять ритмичный выпуск продукции. Изменение программы вызывает необходимость в процессе производства производить пересчет условных комплектов, а изменение конструкции изделия или технологии его производства – пересмотр картотеки пропорциональности.

Разновидностью машинокомплектной системы планирования является также система "Р-Г", разработанная Н.Н. Кантовым. Для обеспечения нормального процесса производства должно выполняться условие $P \geq G$, где P – разряд обеспеченности производства, характеризующий задел деталей в штуках пятидневной или суточной потребности, G – группа деталей опережения. Если $P = G$, то выпускается очередная партия деталей данного наименования. Если $P < G$, то для выполнения производственной программы расходуются заделы, и возникает необходимость в выпуске очередной партии комплектующих деталей. Эта система эффективна при непрерывных сборке и выпуске деталей, так как перерывы означали бы пролеживание больших заделов на всех стадиях производства.

В единичном и мелкосерийном производстве наибольшее распространение получили позаказная и комплектно-сборочная системы планирования. При позаказной системе планирования для каждого заказа (с учетом срока его выполнения) строится сквозной календарный график подготовки производства и выполнения заказа, который согласуется с графиком подготовки и производства других заказов. Планово-учетной единицей для сборочных цехов является заказ, для обрабатывающих и заготовительных цехов – комплект деталей на заказ. При комплектно-сборочной системе планирования подача деталей на сбор-

ку осуществляется в несколько очередей в виде сборочных комплектов. Для каждой очереди устанавливается состав сборочных комплектов, из которых собирается изделие. Срок подачи сборочных комплектов определяется календарным опережением начала данной очереди сборки по отношению к сроку выпуска изделий. Планово-учетной единицей является комплект деталей на сборочную единицу.

Для унифицированных и нормализованных деталей (крепежа, нормалей и т.д.), которые регулярно потребляются на сборке, используют систему планирования "на склад". Целью планирования "на склад" является поддержание запасов деталей на складе, гарантирующем бесперебойное снабжение сборочного цеха. Среднедневная потребность сборочного цеха в этих деталях устанавливается исходя из годовой потребности.

Одновременно с установлением планово-учетной единицы осуществляется и выбор планово-учетного периода. Под планово-учетным периодом понимается кратный месяцу отрезок времени, по истечении которого цех или участок должен отчитаться о выполнении планов по запланированной ему на этот период номенклатуре продукции. Продолжительность принятого планово-учетного периода определяет степень дифференциации сроков запуска и выпуска продукции в цехе или на участке и обуславливает масштаб укрупнения объемных расчетов загрузки групп рабочих мест при построении оперативно-календарных планов производства. Назначение планового периода состоит в том, чтобы создать благоприятные условия для действительного управления технико-экономическими показателями работы цеха, участка, выполнения своевременной оперативной подготовки производства и, наконец, для регламентирования частоты построения календарных планов работы цехов и участков. При выборе планово-учетного периода необходимо, чтобы его продолжительность была равна или кратна продолжительности месяца, а затраты, связанные с построением и регулированием календарных планов работы цехов и участков, были минимальными.

При определении планового периода целесообразно, чтобы его продолжительность была одинаковой для всех подразделений и служб предприятия и кратной продолжительности года, а также обеспечивала реализацию минимальных затрат на разработку календарных планов работы цехов и участков по этим планам.

3.2.3. КАЛЕНДАРНО-ПЛАНОВЫЕ НОРМАТИВЫ И МЕТОДЫ ИХ РАСЧЕТА В БАЗОВЫХ СИСТЕМАХ ОПУ

Календарно-плановые нормативы (КПН) — это совокупность норм и нормативов по наиболее эффективной организации производственного процесса во времени и пространстве на основе рациональных принципов его организации. КПН являются исходной базой для составления взаимосвязанных календарных планов, направленных на обеспечение согласованной работы рабочих мест, участков и цехов по изготовлению выпускаемой продукции и эффективное использование основных фондов, трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Они определяют экономически целесообразный порядок движения заготовок, деталей и сборочных единиц во времени и пространстве по операциям технологического процесса обработки и сборки.

КПН непосредственно влияют на затраты времени при изготовлении изделий и, следовательно, на производительность труда, количество выпускаемой продукции, себестоимость единицы продукции. От них зависит размер незавершенного производства и скорость оборачиваемости оборотных средств.

К КПН относятся: размер партии изделий, периодичность запуска-выпуска партии изделий, сборочных единиц и деталей; средний ритм (такт) запуска-выпуска сборочной единицы, детали; темп запуска-выпуска изделий, сборочных единиц и деталей; размер партии деталей и сборочных единиц; производственный цикл изготовления изделия, партии деталей и сборочных единиц; опережение запуска-выпуска партий деталей и сборочных единиц; размер транспортной (передаточной) партии деталей и сборочных единиц; заделы (цеховые — цикловой, технологический, оборотный, страховой; межцеховые — транспортный, оборотный, страховой.)

Для расчета КПН применяются статистические, аналитические и экономико-математические методы.

Статистические методы используются при определении норм межоперационного времени, времени выполнения контрольных операций и степени выполнения норм времени рабочими для расчета производственных циклов, зависимости норм времени обработки от размера партии деталей, а также размера страховых опережений и заделов.

Аналитическими методами рассчитываются размеры, ритмы, производственные цик-

лы и опережения запуска-выпуска партии деталей, оборотные заделы.

Экономико-математические методы используются при определении, например, периодичности (ритмов) запуска-выпуска партий, частных тактов одного изделия на многопредметных поточных линиях и др.

Состав КПН, их размерность и точность зависят от типа производства. Чем выше серийность и массовость производства, тем меньше должна быть их временная размерность (от недели и суток в единичном до суток и часа в массовом производстве).

В единичном и мелкосерийном производствах рассчитываются производственные циклы и опережения запуска-выпуска деталей и сборочных единиц и сборки изделия. Опережения запуска-выпуска деталей и сборочных единиц для какого-либо цеха складываются из их производственных циклов во всех последующих цехах, времени межцеховых перерывов и общей длительности сборки серии изделий.

Для серийного производства КПН имеют особо важное значение. Здесь рассчитываются: величина партии изделий и деталей, периодичность повторения запуска этой партии, производственный цикл изготовления партии деталей или сборочных единиц, время опережений, нормативный уровень незавершенного производства, и строятся нормативные графики движения предметов труда в производстве.

Размер партии изделий представляет собой число изделий, одновременно выпускаемых для изготовления на какой-либо стадии производства в течение сравнительно короткого промежутка времени (например недели или месяца), после чего с некоторым интервалом времени выпускается следующая партия того же или другого размера. Методы определения размера партии изделий делятся на две группы. К первой группе относятся методы установления величины партии, исходя из временных параметров, например:

$$n_{\min} = \frac{(1-a)t_{\text{П-З}}}{at_{\text{шт}}},$$

где $n_{\min}$ — минимальная величина партии изделий, шт.; a — коэффициент допустимых потерь времени на переналадку оборудования ($a = 0,03...0,10$ в зависимости от вида оборудования и типа производства); $t_{\text{П-З}}$ — время подготовительно-заключительных работ, прихо-

дящееся на партию, мин; $t_{шт}$ — норма штучного времени, мин.

Вторая группа методов основывается на определении суммарных минимальных затрат, связанных с переналадками (кривая 1, рис. 3.2.1) и хранением заделов (прямая 2), зависящих от размера партии. Приравнивая первую производную по сумме затрат S к нулю, получают величину оптимального размера партии:

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2N_{\text{год}} S_{\text{нал}}}{S_{\text{д}} k_{\text{хр}}}},$$

где $N_{\text{год}}$ — годовой объем выпуска, шт.; $S_{\text{нал}}$ — затраты на наладку и другие работы по подготовке к запуску, руб.; $S_{\text{д}}$ — себестоимость детали (изделия), руб.; $k_{\text{хр}}$ — нормативный коэффициент, учитывающий затраты на хранение заделов.

Число изделий, подлежащих запуску N_3 в плановом периоде:

$$N_3 = n_{31} + \sum_{n=2}^{k_3} n_{3n},$$

где n_{31} — размер 1-й партии изделий по запуску; k_3 — число партий, подлежащих запуску в плановом периоде; n_{3n} — размер запускаемых партий после первой.

Продолжительность времени изготовления одной партии изделий $T_{\text{ц}}$ равна:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{цн}} + \sum_{n=2}^{n_n} r_n,$$

где $T_{\text{цн}}$ — производственный цикл изготовления одного изделия партии; n_n — размер партии (считается, что размер партии по запуску и выпуску одинаков); r_n — ритм запуска изделий в партии.

Темп запуска-выпуска τ есть среднее число выпускаемых натуральных единиц продукции в единицу времени:

$$\tau = \frac{N_3}{F_{\text{д}}} = \frac{1}{r},$$

где $F_{\text{д}}$ — действительный фонд времени работы в плановом периоде, дни, ч.

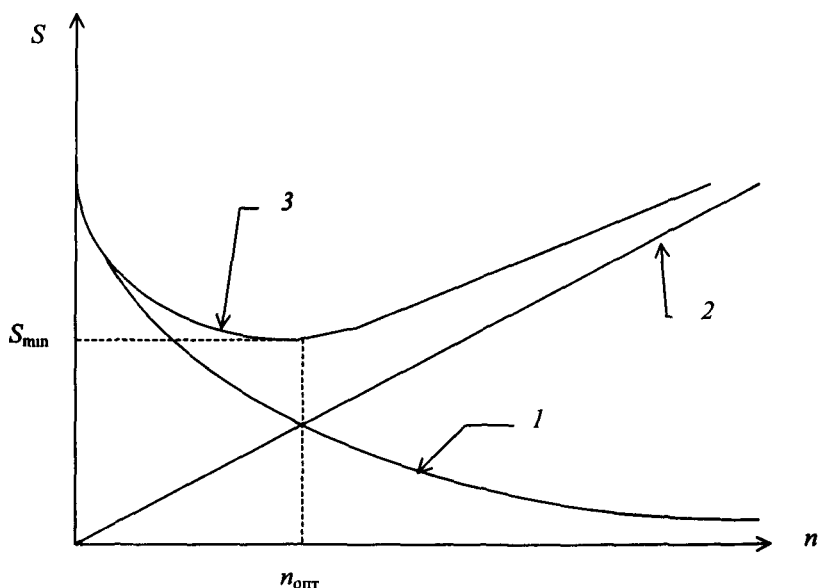


Рис. 3.2.1. Графическое определение оптимальной партии изделий:

1 — затраты на наладку оборудования; 2 — затраты по незавершенному производству; 3 — суммарные затраты; S — затраты и потерн; n — размер партии

Значение τ по отдельным плановым отрезкам времени может быть различным. Как правило, оно задается планом, но может быть определено путем решения задачи оптимального распределения годовой программы выпуска изделий.

Ритм запуска-выпуска партии деталей представляет собой промежуток времени выпуска (запуска) двух смежных партий R :

$$R = pr = \frac{p}{\tau},$$

где p – размер передаточной партии деталей.

Под опережением запуска в серийном производстве понимается время от момента запуска партии деталей в обработку на первую операцию в данном цехе (или участке) до момента выпуска с последней операции всех изделий, для которых были запущены детали в обработку. Опережение выпуска меньше опережения запуска на длительность производственного цикла обработки партии деталей в цехе или на участке, для которых определяются опережения.

Размер транспортной (передаточной) партии устанавливается в тех случаях, когда передача деталей с операции на операцию происходит не всей партией, а ее частями. Размер ее может определяться, например, видом и грузоподъемностью перемещаемых транспортных средств, необходимостью скорейшего изготовления на последующих операциях.

Заделами называют находящиеся на различных стадиях производственного процесса детали, сборочные единицы или изделия, т.е. незавершенное производство в натуральном выражении. Заделы представляют собой овеществленное выражение опережений запуска партии деталей, сборочных единиц или изделий.

Необоснованно увеличенные или уменьшенные заделы приводят к увеличению незавершенного производства и потребности в оборотных средствах, замедлению их оборачиваемости.

Различают внутрицеховые и межцеховые заделы. К внутрицеховым относятся цикловые, оборотные и страховые заделы. Оборотные и страховые заделы называются также складскими. Цикловой задел – это число деталей (сборочных единиц), которое находится в цехе непосредственно в процессе обработки (или сборки) в какой-нибудь момент времени. В цикловой задел включаются детали, находящиеся в обработке на рабочих местах и пролеживающие у рабочих мест или на цеховых межопе-

рационных складах в ожидании начала обработки на последующих операциях, и сборочные единицы и изделия, находящиеся непосредственно в процессе обработки или на складах. Цикловой задел определяют по формуле:

$$Z_{цj} = N_j T_{цj},$$

где $Z_{цj}$ – цикловой задел по предметам труда j -го наименования, шт.; $T_{цj}$ – производственный цикл изготовления или сборки партии деталей j -го наименования, дн.; N_j – суточная программа выпуска изделий j -го наименования, шт./дн.

Оборотные заделы возникают в дискретном производстве при передаче с одного участка на другой деталей (сборочных единиц, изделий) одного и того же наименования партиями неравномерных размеров. Оборотные заделы определяются:

$$Z_{обj} = \frac{n_{j1} n_{j2}}{2},$$

где n_{j1} – величина партии изделий j -го наименования цеха-поставщика; n_{j2} – величина партии цеха-потребителя. Для сокращения незавершенного производства необходимо, чтобы партии были одинаковы по всем операциям. Нормативная величина незавершенного производства в стоимостном выражении:

$$Z_n = S_j k_{нз} Z_{цj},$$

где S_j – себестоимость изделия j -го наименования; $k_{нз}$ – коэффициент, учитывающий скорость нарастания затрат при изготовлении изделий j -го наименования (в укрупненных расчетах $k_{нз} = 0,5$).

Страховые заделы необходимы для обеспечения бесперебойной работы последующих участков и цехов при возникновении случайных перебоев в работе предшествующих участков и цехов.

В массовом производстве средний ритм запуска-выпуска одного изделия, сборочной единицы, детали и темп выпуска определяют, как правило, для каждого отдельного месяца, так как выпуск их по месяцам может изменяться. Средние ритмы и темпы запуска-выпуска вычисляются по тем же формулам,

что и для серийного производства. Расчет ведется на основе действительного фонда времени за сутки или смену. На непрерывных поточных линиях из действительного фонда вычитается время регламентированных перерывов.

Внутрилинейные заделы определяются для поточных линий. Они могут быть на рабочих местах (технологическими), транспортными, страховыми и оборотными. Заделы на рабочих местах рассчитываются только для непрерывных, оборотные – для прерывных (прямоточных) линий. Под технологическим заделом понимаются изделия, находящиеся на рабочих местах в процессе обработки:

$$Z_{\text{тз}} = \sum_{i=1}^m c_i n_{\text{од}i},$$

где m – число операций технологического процесса; c_i – количество рабочих мест на i -й операции; $n_{\text{од}i}$ – количество одновременно обрабатываемых деталей на одном рабочем месте.

Под внутрилинейным транспортным заделом понимается количество изделий, находящиеся в процессе транспортировки. Его величина зависит от характера транспортировки. Если предметы труда перемещаются с помощью механического транспортера, то:

$$Z_{\text{тр}} = \frac{l_k p}{l_0},$$

где l_k – длина рабочей части конвейера, м; l_0 – шаг конвейера, м; p – величина транспортной партии деталей, шт.

Внутрилинейный оборотный задел образуется на прямоточных линиях за счет несинхронности операций. Расчет межлинейного транспортного задела зависит от вида используемых транспортных устройств и ведется по аналогии с указанным расчетом внутрилинейного $Z_{\text{тр}}$.

Расчет межлинейного оборотного задела $Z_{\text{об}}$ приведен выше.

Календарное планирование массового производства осуществляется по принципу "ритм по выпуску". Эта система основывается на выравнивании производительности всех производственных звеньев по расчетному такту выпуска готовых изделий. В этом случае распределение программного задания по производственным подразделениям и календарным отрезкам времени ведется в порядке, об-

ратном ходу технологического процесса. В соответствии с этим суточная программа запуска линии-потребителя:

$$N_{\text{зап}}'' = N_{\text{вып}}'' \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right) + \frac{N_{\text{доп}}''}{F_{\text{рд}}},$$

где $N_{\text{вып}}''$ – суточная программа выпуска той же линии, шт.; α – планируемая величина брака в процентах; $N_{\text{доп}}''$ – дополнительный объем выпуска продукции за плановый период, необходимый для восполнения внутрилинейных страховых заделов, шт.; $F_{\text{рд}}$ – количество рабочих дней в плановом периоде.

Программа выпуска линии-поставщика определяется с учетом $N_{\text{вып}}''$ следующим образом:

$$N_{\text{вып}}' = k_{\text{к}} N_{\text{вып}}'' + \frac{N_{\text{р}} + N_{\text{доп}}'}{F_{\text{рд}}},$$

где $k_{\text{к}}$ – комплектность планируемых изделий (деталей в сборочной единице), шт./шт.; $N_{\text{р}}$ – объем реализации планируемых изделий за календарный отрезок времени, шт.; $N_{\text{доп}}'$ – дополнительное количество планируемых изделий, необходимое для восполнения межлинейного страхового запаса за тот же отрезок времени, шт.

3.2.4. КОНЦЕПЦИИ И МЕТОДОЛОГИЯ ОПУ

Существует ряд концепций, используемых предприятием при организации системы ОПУ. Сфера влияния каждой концепции четко определена как относительно функциональных подсистем, так и относительно периодов планирования. На рис. 3.2.2 показаны основные концепции, используемые в системах ОПУ.

Концепция контроля показателей производства КПП является простейшим инструментом при планировании и контроле в серийном и массовом производствах. Основная идея этой концепции заключается в постоянном наблюдении за выполнением производственного задания и агрегировании отклонений. В контрольные моменты времени (как правило, в конце смены) проводится сравнение планируемого и фактического состояния какого-либо производственного процесса и выявляются отклонения, после чего осуществляется регулирование производственно-сбытовой деятельности предприятия.



Рис. 3.2.2. Концепции, используемые в системах ОПУ

Такая система может применяться как для одной производственной линии, так и для всего производственного процесса в целом.

Использование концепции КПП характерно для предприятий с серийным типом производства и относительно постоянной потребностью в сырье, материалах и комплектующих изделиях.

Преимуществом концепции КПП является то, что выдача заказа на поставку ресурсов осуществляется на основании полученных контрольных показателей, т.е. достаточно экономичной формой корректировки потребности

в любых ресурсах на каждом рабочем месте. Кроме этого, отклонения в плановых заявках не являются причиной для кардинальных изменений в организации производственного процесса, поскольку эти отклонения могут быть выровнены на следующей контрольной точке.

Недостатками этой концепции являются, во-первых, ограниченность ее применения для сложных производственных процессов, поскольку трудность заключается в определении контрольных показателей и точек; во-вторых, отсутствие контроля временных показателей.

Целью концепции формирования заявок с ориентацией на производственные ресурсы (ОПР – модель наполненного бункера) является согласование выполняемых производственных заданий с производственными ресурсами для сокращения запасов, необоснованное увеличение или уменьшение которых ведет к замедлению производственного процесса. В основе рассматриваемой концепции лежит модель наполняемого бункера, которая описывает взаимозависимость портфеля заказов, производственных ресурсов и временных показателей производственной системы. Регулирование моделью осуществляется в соответствии со следующими критериями:

- отбор заявок по временному критерию в соответствии с существующими ограничениями по времени;
- отбор внепланово поступающих заявок в соответствии с фактическим уровнем загрузки производственных ресурсов.

Применение концепции предполагает точное определение фактической загрузки производственных ресурсов и гарантированное наличие необходимого сырья, материалов и комплектующих изделий.

Преимуществами концепции ОПР является использование ее при любой организации материальных потоков и при любых типах производства. Концепция дает возможность обеспечить минимальный уровень запасов. Однако она требует осуществления всех производственно-технологических операций непосредственно на предприятии.

Концепция КАНБАН (разработана и впервые реализована фирмой "Тойота" в Японии) – наиболее простая система децентрализованного планирования, управления производством и материально-технического снабжения на основе самоуправления по определенным правилам. Она позволяет оперативно регулировать состояние материальных потоков на различных стадиях производства.

При работе по концепции КАНБАН цех-изготовитель не имеет законченного плана и графика, он жестко связан не общим планом, а конкретным заказом цеха-потребителя и оптимизирует свою работу в пределах этого заказа. Конкретный график на декаду и месяц отсутствуют.

График производства фактически формируется обращением карточек КАНБАН

(рис. 3.2.3). Распространены два вида карточек: отбора (КАНБАН 1, КАНБАН 2, КАНБАН 3) и производственного заказа (КАНБАН 2', КАНБАН 3'). В карточке отбора указывается количество деталей, которое должно быть взято на предшествующем участке обработки, в то время как в карточке производственного заказа – которое должно быть изготовлено на предшествующем производственном участке для пополнения запасов. Таким образом, карточки КАНБАН несут информацию о расходуемых и производимых количествах продукции. При этом карточки отбора находятся в движении: от какого-либо участка производства к предшествующему, а обратно – вместе с полученными деталями. Карточки производственного заказа остаются на складе предшествующего участка и в них формируется заказ на изготовление новых деталей на данном производственном участке.

Реализация системы КАНБАН на производственных предприятиях требует ограниченного количества видов выпускаемой продукции, компьютеризации производства, высокой дисциплины поставок и ответственности персонала, так как централизованное регулирование производственного процесса в этой системе ограничено.

Основной задачей концепции КАНБАН является увеличение прибыли за счет снижения затрат на производство путем ликвидации ненужных запасов и рабочих. Преимущества этой концепции заключаются и в обеспечении минимальных значений производственного цикла и времени пролеживания материальных ресурсов на всех складах.

К недостаткам концепции КАНБАН относится плохая приспособленность к процессам календарного планирования и планирования мощностей предприятия, а также ее высокая чувствительность к изменениям в производственных процессах.

Система КАНБАН относится к "тянущей системе" организации производства, являющейся одним из двух принципиально отличающихся вариантов управления материальными потоками на предприятии. Здесь сырье, материалы и полуфабрикаты подаются на последующую технологическую операцию с предыдущей по мере необходимости.



Рис. 3.2.3. Управление производством по системе КАНБАН:

⇒ — материальный поток; → — информационный поток

В "тянущей системе" центральная система управления не вмешивается в обмен материальными потоками между различными подразделениями предприятия, не устанавливает для них текущих производственных заданий. Производственная программа отдельного технологического звена определяется размером заказа последующего звена. Центральная система управления ставит задачу лишь перед конечным звеном производственной технологической цепи.

Материальный поток здесь как бы "вытягивается" каждым последующим звеном. При этом производственные подразделения в состоянии учесть гораздо больше специфических факторов, определяющих размер оптимального заказа, чем это могла бы сделать центральная система управления.

Второй вариант управления материальными потоками носит название "толкающая система" и представляет собой систему организации производства, в которой сырье, материалы и полуфабрикаты, поступающие на производственный участок, непосредственно этим участком у предыдущего технологического звена не заказываются. Материальный поток "выталкивается" получателю по команде, поступающей на передающее звено из центральной системы управления производством (рис. 3.2.4).

Толкающие модели характерны для традиционных методов организации производства. Возможность их применения появилась в 60-е годы в связи с массовым распространением вычислительной техники. Эти системы позволили согласовывать и оперативно корректировать планы и действия всех подразделений предприятия с учетом постоянных изменений в реальном масштабе времени. В современных вариантах этих систем решаются также задачи прогнозирования. В качестве метода решения применяется имитационное моделирование и другие методы исследования операций.

Характерным представителем толкающей системы является система (концепция) "точно вовремя", разработанная фирмой "Тойота Мотор Корпорейшн" (Япония). Основной целью концепции является снижение издержек. Концепция является наиболее совершенной и максимально приближена к концепции логистики. Уменьшение запасов сырья, материалов, комплектующих изделий и готовой продукции достигается в ней синхронизацией во времени поставок и самого производственного процесса. Управление должно осуществляться по принципу "сборочные операции управляют производством". При этом с целью создания надежной системы материально-технического снабжения связь с поставщиками сырья, материалов и комплектующих изделий должна осуществляться на основе долгосрочных договоров.

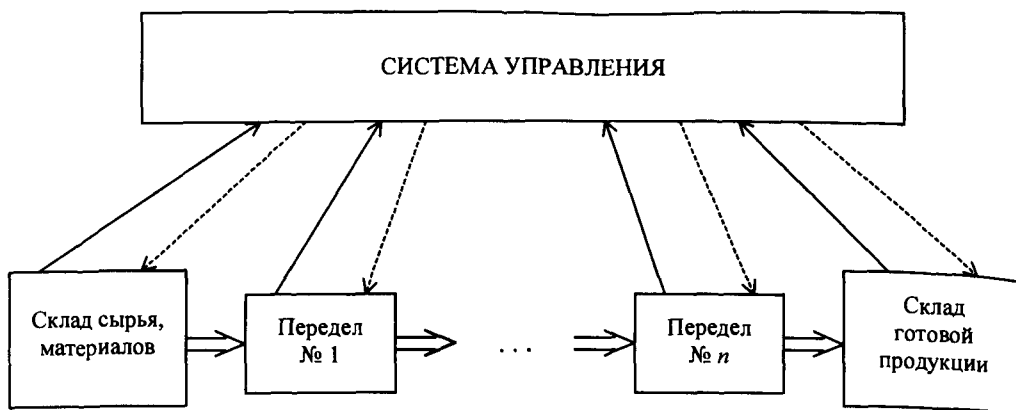


Рис. 3.2.4. Принципиальная схема "толкающей системы" управления материальными потоками:

⇔ – материальный поток; → – информационный поток

Реализация концепции "точно вовремя" предполагает централизованное планирование, которое определяет производственные графики сразу для всех стадий производства. Концепция "точно вовремя" включает все преимущества выше рассмотренных концепций.

3.2.5. ДИСПЕТЧИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

Под производственным диспетчированием понимается централизованное непрерывное наблюдение, контроль и регулирование производственного процесса, организуемые на основе установленных календарных планов, сменно-суточных заданий и с использованием современных технических средств оперативного управления.

Основным принципом диспетчирования является профилактичность, т.е. предупреждение отклонений. Диспетчерский аппарат на общезаводском и цеховом уровнях при выдаче конкретных указаний и принятии оперативных решений по устранению выявленных отклонений должен использовать три группы компенсаторов: резерв сроков, материальные ресурсы, моральные стимулы.

К резервам сроков относятся страховое (резервное) время, закладываемое в нормы циклов (T_n) и опережения; а также досрочное выполнение работ. К материальным резервам относятся "излишки оборудования", обусловленные окружением при разработке КП расчетного числа его единиц до принятого, а также страховые запасы материалов, заделы полуфабрикатов, деталей, сборочных единиц, инструмента и

оснастки. Моральные стимулы – это сознание ответственности работников за порученное дело, его важности для производства, подкрепляемое моральным поощрением за интенсивную работу по ликвидации отклонений.

Во всех типах производства объектами диспетчерского контроля являются материальная обеспеченность цехов и участков всем необходимым для производственного процесса, а также контроль за своевременным движением предметов труда по операциям внутрицехового и межцехового технологических маршрутов. При этом на особый диспетчерский контроль берутся дефицитные детали. Кроме того, диспетчерский аппарат контролирует выполнение текущих распоряжений, отданных линейным руководством завода и отдельных цехов.

Состав объектов диспетчерского контроля и регулирования конкретизируется в зависимости от типа производства. В мелкосерийном и единичном производстве контролю подлежат своевременная и комплектная подготовка производства, ее материально-вещественное обеспечение и сроки запуска-выпуска ведущих деталей и хода комплектации сборки. В серийном производстве главными объектами наблюдения и контроля являются установленные планом сроки запуска-выпуска партий заготовок, деталей и сборочных единиц, состояние складских заделов указанных предметов и степень комплектной обеспеченности сборочных работ в соответствии с графиком. В массовом производстве – контроль установленного ритма работы поточных линий, выпуска продукции, периодов обслуживания, графиков смены объек-

тов на переменнo-поточных линиях, а также состояния линейных и межлинейных заделов.

На общезаводском уровне диспетчерскую службу возглавляет главный диспетчер завода, являющийся, как правило, заместителем начальника планово-диспетчерского отдела (ПДО). Вся текущая работа выполняется персоналом диспетчерского бюро – сменными дежурными диспетчерами, операторами и учетчиками. Сменный диспетчер завода, отнюдь не подменяя руководителей цехов, обеспечивает согласованную работу участков и цехов завода в рамках сменно-суточных заданий.

Для повышения оперативности и эффективности диспетчирования на предприятии проводятся ежедневные (пятидневные) диспетчерские совещания на уровне начальника производства или главного диспетчера, на которых подводятся итоги работы завода за прошлые сутки, выявляются причины, которые могут вызвать отклонения производства в текущие или последующие дни. Оперативные совещания проводятся по общезаводскому диспетчерскому коммутатору, к которому подключаются все участники из состава линейных и функциональных руководителей заводских подразделений (начальники цехов, отделов, служб и лабораторий). Запросы и распоряжения, требующие дополнительной информации или согласования с руководителями нескольких заинтересованных подразделений, заносятся в диспетчерский журнал и картотеку контрольных сроков и становятся объектом непосредственного наблюдения диспетчерского аппарата.

На цеховом уровне работу по диспетчированию возглавляет старший диспетчер, являющийся заместителем начальника ПДО цеха. Функции оперативного контроля и регулирования производства в смене выполняет сменный диспетчер. Располагая планом-графиком, он контролирует ход подготовки и выполнения плана, принимает меры к предупреждению и ликвидации отклонений. Диспетчеры цехов выполняют также указания и распоряжения диспетчера завода, касающиеся оперативного регулирования производства частей изделий, находящихся под общезаводским наблюдением. При выявлении неполадок в работе диспетчер принимает меры для их устранения. Диспетчер участка является прежде всего планировщиком и помощником мастера. Соответст-

венно в круг его обязанностей входят организация исполнения задаваемых участку месячных планов-графиков, разработка сменно-суточных заданий (под руководством старшего мастера) и их материально-техническое обеспечение, выдача работ исполнителям (бригадирам, рабочим), оперативный подетальный и пооперационный учет хода производства, а также учет простоев оборудования и рабочих, брака, выполнения норм и сдачи готовой продукции. Еще одной важной функцией его как диспетчера является предупреждение нарушений хода производства на участке. В зависимости от характера отклонений диспетчер участка ликвидирует их сам, в более сложных случаях подключает мастера или сменного диспетчера цеха.

Технические средства оснащения диспетчерской службы способствуют оперативности и эффективности работ по организации и руководству ходом производства. К техническому оснащению диспетчерской службы относится комплекс устройств специальной телефонной и радиосвязи, передачи графических изображений и текста, дистанционного наблюдения, административно-производственной сигнализации, дистанционного автоматического учета и контроля. Специальная диспетчерская связь служит для прямого контакта руководителя (диспетчера) с подчиненными ему службами и цехами в целях повышения оперативности руководства ими, контроля за состоянием хода производства и исполнения заданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Моделирование** производственно-бытовых систем и процессов управления / Под ред. А.А. Колобова, Л.Ф. Шклярского. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1993. 216 с.
2. **Монден Я.** Методы эффективного управления. М.: Экономика, 1989. 288 с.
3. **Соколицын С.А., Кузин Б.И.** Организация и оперативное управление машиностроительным производством. Учебник. Л.: Машиностроение, 1988. 527 с.
4. **Татевосов К.Г.** Основы оперативно-производственного планирования на машиностроительном предприятии. Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1985. 287 с.

Раздел 4

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Глава 4.1

ЦЕЛИ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Моделирование производственных систем (ПС) необходимо для решения задач изучения поведения системы в тех или иных обстоятельствах, определения возможной реакции на возмущения и управляющие воздействия, прогнозирования. Цели моделирования, содержания задач, состав оцениваемых показателей и варьируемых параметров зависят от этапов создания и эксплуатации ПС. Укрупненно можно выделить следующие этапы и цели моделирования.

Этап 1. Предпроектные исследования организационно-технологических структур и законов функционирования, разрабатываемые ПС при различных производственных и внешних условиях. Цели моделирования состоят в этом случае в проведении качественного анализа для определения областей эффективного использования различных организационно-технологических структур – состава основного и вспомогательного оборудования, компоновок транспортно-накопительных систем и интегрированных АСУ ПС в целом, технологических процессов изготовления деталей и т.д., сравнительного анализа методов и алгоритмов интегрированного планирования и управления в условиях изготовления различной номенклатуры деталей, ее сменяемости, вариаций программы и серийности выпуска.

Результаты такого рода анализа предназначены для использования на последующих этапах создания АСУ ПС в качестве основы для формирования и уточнения методик решения различных задач автоматизированного проектирования. Задачи моделирования этого этапа носят исследовательский характер, который, в частности, выражается в неопределенности и неточности исходных данных.

Следующие два этапа относятся к стадии автоматизированного проектирования и тех-

нологической подготовки производства применительно к АСУ ПС.

Этап 2. Оценка и выбор параметров организационно-технологических структур и компоновок ПС для заданных производственных условий при проектировании и технологической подготовке производства. Основными целями моделирования этого этапа являются оценка и корректировка состава, размещения и специализация основного оборудования, выбор структуры транспортно-накопительных систем, определение необходимых объемов накопителей, выбор количества и режимов работы транспортных средств, определение структуры и режимов работы вспомогательного оборудования, оценка целесообразности использования различных вариантов технологического оснащения.

Задачи данного этапа решают при фиксированных плано-технологических данных (номенклатуре, программе и серийности выпуска изделий). Технологические процессы по деталям из закрепленной за ПС номенклатуры могут быть представлены в виде возможных вариантов с различной степенью проработки. Результаты моделирования на данном этапе служат основанием для выбора наиболее эффективного варианта, а также для выработки рекомендаций по дальнейшему совершенствованию (корректировке) технологических параметров и процессов.

Совокупность задач данного этапа, объединенных в едином цикле создания реального объекта, характеризуется большим числом варьируемых переменных и широким диапазоном их изменения. Это приводит к невозможности имитационного моделирования большинства допустимых альтернативных решений ввиду значительных затрат времени и средств на моделирование. Целесообразным выходом в этой ситуации является предварительный, укрупненный анализ и отсеивание вариантов в целях выбора состава и специализации оборудования, определения его гибкости, выбора и укрупненного формирования структуры транспортной системы ПС.

Результаты такого укрупненного анализа, получаемые с помощью специальных методов и программных средств, используют затем в качестве исходных данных для проведения последующих имитационных экспериментов по дальнейшему уточнению и оптимизации параметров и производственных показателей ПС. Уточнению и оптимизации могут быть подвергнуты такие параметры, как количество и режимы работы транспортных устройств, объемы различных накопителей деталей, режимы работы вспомогательного оборудования.

Этап 3. Оценка и выбор стратегии и алгоритмов интегрированного планирования и управления, а также организации обеспечивающих и обслуживающих процессов. Целью этапа является выбор алгоритмов организационно-экономического и организационно-технологического управления оборудованием и транспортно-накопительной системы с учетом динамики функционирования ПС, принятого на предыдущем этапе. Таким образом, характерной особенностью задач данного этапа является жесткая фиксация структуры, специализации оборудования и технологии изготовления деталей, а в качестве варьируемых (определяемых) переменных выступают объемно-календарные параметры, алгоритмы оперативного управления оборудованием, характеристики систем обеспечения инструментом и оснасткой, количество и режимы работы наладчиков и ремонтников оборудования и т.п.

Моделирование на этом этапе позволяет добиваться улучшения качества функционирования проектируемой системы за счет совместного решения задач оперативно-календарного планирования и диспетчирования.

Как на втором, так и на третьем этапах моделирование носит прикладной характер, определяемый использованием конкретных исходных планово-технологических данных по номенклатуре, технологии и условиям выпуска изделий, а также данных по структуре и специализации оборудования реальной ПС.

Этап 4. Оценка и принятие решений на стадии функционирования ПС (текущая технологическая подготовка производства, оперативное управление и прогнозирование). На этом этапе можно выделить три относительно самостоятельные группы задач.

Задачи первой группы связаны с особенностями текущей технологической подготовкой производства, выполняемой в рамках уже созданной и функционирующей ПС с вполне определенной структурой. Моделирование в этих условиях должно быть направлено на анализ и оценку вариантов целенаправленных технологических и организационных изменений для их увязки с требуемыми частными выходными показателями функционирования ПС (производительность, удельные затраты, использование оборудования, длительности производственных циклов изготовления изделий и т.д.). Технологические изменения могут быть связаны с изменением номенклатуры изготавливаемых изделий, реорганизацией производства, с коррекцией старой технологии и т.п. Уровень проработки решений на данном этапе наиболее глубокий, вследствие чего результаты имитационного моделирования могут быть использованы для уточненных оценок эффективности варианта технологических решений (по группированию деталей операций, специализации оборудования, формированию групповых наладок и т.п.), а также в качестве исходных данных для оперативного планирования и управления.

Задачи второй группы заключаются в краткосрочном оперативном планировании и прогнозировании хода производства. На основе решения данных задач формируют планы обеспечения ПС заготовками, оснасткой и инструментом, составляют графики текущей загрузки оборудования и организаций его обслуживания. Частота решения задач этой группы высокая и предъявляет жесткие требования к вычислительной эффективности применяемых моделей.

Третью группу образуют задачи прогнозного характера, связанные с оценкой устойчивости, эффективности и надежности функционирования выбранной (спроектированной) структуры ПС, разработкой различных стратегий адаптации ПС как сложной системы к изменениям условий внешней среды. Кроме того, к этой группе следует отнести задачи уточнения и дальнейшей отработки алгоритмов оперативно-календарного планирования и оперативного управления и ряд других. Характер решаемых задач моделирования данной группы, как правило, исследовательский.

Глава 4.2

**ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНОЕ
ОПИСАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
СИСТЕМЫ**

Сложные системы можно анализировать, концентрируя внимание либо на объектах, либо на процессах. Удобно рассматривать систему как упорядоченную совокупность объектов, которые в процессе взаимодействия друг с другом обеспечивают функционирование системы как единого целого. Поэтому при системном решении ряда задач, ПС могут рассматриваться как дискретные, т.е. состоящие из отдельных элементов, взаимодействующих между собой в определенные моменты времени. Элементы ПС принимают участие в выполнении определенных действий, имеющих временную протяженность (отдельное действие имеет событие начала и событие окончания). Рассмотрение ПС как дискретной сводится к тому, что ее состояние меняется лишь в начале действия и при его окончании.

При рассмотрении процесса в ПС можно выделить действие как отдельный модуль, определив его содержание, связанные с ним события и ресурсы. Однако, в ПС действия протекают параллельно, асинхронно и используют общие (как правило, ограниченные) ресурсы ПС. Необходима некоторая методология представления (спецификации) действий и определения диаграммы их взаимосвязей (потоков ресурсов и информации). Построение такой диаграммы является вспомогательным шагом формализации знаний о действиях в ПС, так как позволяет проанализировать полноту множества действий и проверку их взаимосвязей.

Для этих целей может быть использована CASE-технология (Computer-Aided Software Engineering), представляющая собой компьютерно-ориентированную технологию разработки программного обеспечения. То есть CASE-технология – это совокупность методологий проектирования и сопровождения программного обеспечения на всем его жизненном цикле. Она получила широкое распространение и активно внедряется на рынке информационных технологий. Методологическую основу CASE-технологий представляют различные реализации метода структурного анализа.

В CASE-технологии наиболее представительным по объему реализаций является направление SADT (Structural Analysis and Design Technique) – техника и средства струк-

турного анализа и проектирования систем. Одно из направлений его развития – это IDEF (Integrated Computer Aided Definition Method) – метод интегрального описания, интегральной спецификации.

SADT-методология получила широкое распространение благодаря тому, что ориентирована на комплексное представление структуры материальных, информационных, финансовых и управленческих потоков, отображение организационной структуры. В силу этого, SADT-методология в большей степени нацелена на реорганизацию всей системы управления, чем другие методологии функционального моделирования, основанные на использовании диаграмм потоков данных, главная цель которых – проектирование информационных процессов.

Методология IDEF обеспечивает универсальность описания, простоту детализации описания вширь и в глубь процессов на каждом уровне иерархии описания, что позволяет применить ее для структуризации процессов в сложных системах.

Метод IDEF относится к структурным методам. Для описания предметной области в них используются графические языки типа блок-схем. Метод IDEF0 применяется для создания функциональной модели, являющейся иерархическим, нисходящим структурным представлением действия некоторого объекта (или множества действий), а также вещественных и информационных объектов (данных), необходимых для функционирования или являющихся результатом этого функционирования. Для описания декомпозируемых действий и данных используются так называемые функциональные и информационные модели.

Вводится понятие "Архитектура", представляющее собой средство максимально полного описания сложной системы в виде одной или совокупности разных типов моделей: функциональной, информационной и динамической. Были разработаны соответствующие методы функционального моделирования (IDEF0), информационного (IDEF1) и другие.

Модели IDEF0 и IDEF1, предназначенные для построения моделей, соответственно, функционального содержания и информационной структуры, стали стандартами для этапов анализа и проектирования в жизненном цикле системы. При проектировании новой системы модель IDEF0 служит изложением требований (спецификацией) для действий в рамках этой системы и в терминах данной предметной области.

4.2.1. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ IDEFO

В IDEFO система представляется (графически и в виде текста) как совокупность взаимодействующих функций или работ. IDEFO, функциональная модель процесса, состоит из иерархически упорядоченных и связанных между собой диаграмм, фрагментов текстов и глоссария, имеющих ссылки друг на друга. Диаграммы – главные компоненты модели, которые отображают последовательности взаимосвязанных через общие объекты функций (операций, действий, работ) процесса.

Достоинство функциональной модели заключается в графической простоте, в которой используются всего два конструктивных элемента:

- *функциональный блок* – описание функции, операции, действия, работы;
- *интерфейсная дуга*, связывающая два функциональных блока – описание объекта, потока объектов.

Функциональная модель начинается с построения общего описания процесса, которое представляется в диаграмме нулевого уровня или контекстной диаграмме. На этом уровне весь процесс рассматривается как один функциональный блок со всеми связанными обрабатываемыми и управляющими объектами (рис. 4.2.1). На этой диаграмме также отражается цель структурного анализа (например, сокращение издержек или повышение качества обслуживания) и точка зрения, с позиции кото-

рой рассматривается модель (проектировщик, отдел информатизации, экономический отдел).

Диаграммы следующих уровней детализируют функции процесса каждого предыдущего уровня. Так, функциональный блок A0 декомпозируется на совокупность взаимосвязанных подфункций A1, A2, A3, ... (рис. 4.2.2). В свою очередь каждый функциональный блок 1-го уровня может быть декомпозирован на совокупность подфункций, например A2 на A21, A22, A23, A24 ... и так далее, пока на последнем уровне не получатся элементарные действия. На каждом уровне рекомендуется размещать не более шести функциональных блоков. Число уровней декомпозиции не ограничено. Обычно для структурного анализа процесса достаточно двух-трех уровней декомпозиции, последующие уровни декомпозиции требуются для алгоритмизации информационных процессов и разработки инструкций для исполнителей.

Для каждого функционального блока определяют интерфейсные дуги различных типов (стрелки), которые отражают потоки объектов. Объекты могут быть различной природы: материальные, финансовые, информационные. По характеру использования объектов в функциональных блоках различают: входные (input) объекты слева от блока, выходные (output) объекты справа от блока, управляющие (control) объекты сверху от блока и механизмы (mechanize) снизу от блока. Объекты обозначаются метками на стрелках, которые обязательны.

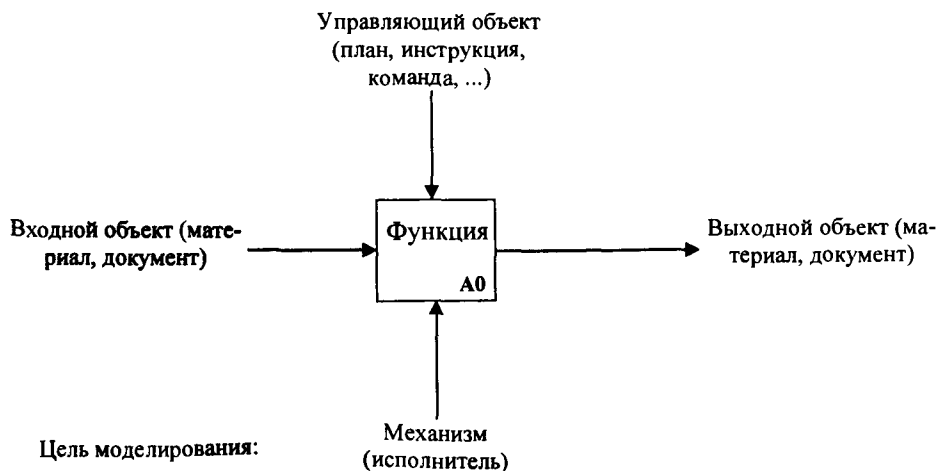


Рис. 4.2.1. Контекстная диаграмма

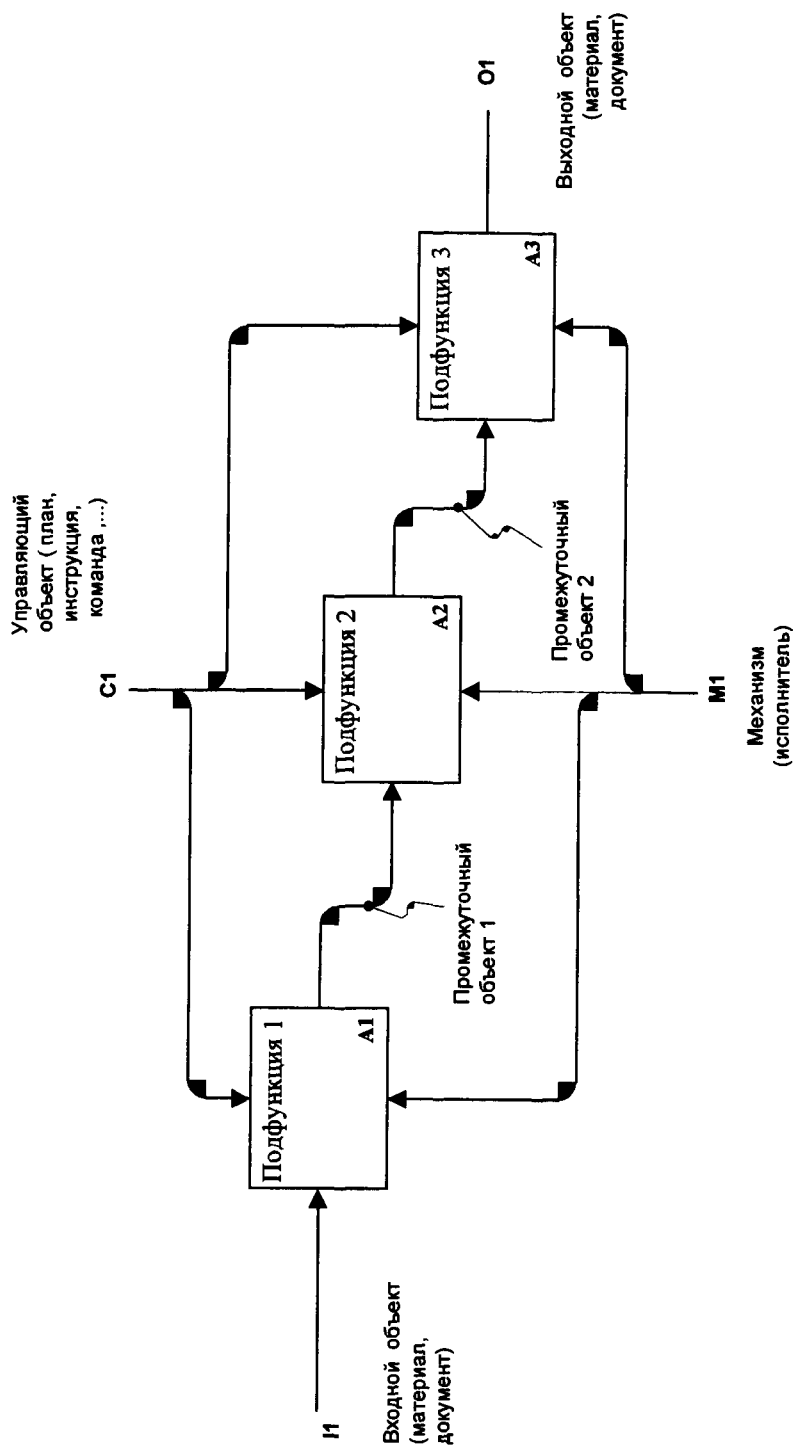


Рис. 4.2.2. Контекстная диаграмма первого уровня

Входные объекты преобразуются в функциональных блоках в выходные. При этом выходной объект – это новый созданный объект или преобразованный старый объект. В последнем случае новое качество объекта, как правило, обозначается прилагательным (например, принятый заказ, отложенный заказ, удаленный заказ, выполненный заказ и т.д.).

Управляющие объекты соответствуют нормативным актам (законодательным актам, инструкциям, планам, приказам), на основе которых выполняются процессы. Кроме того, управляющие объекты рассматриваются как ограничения, обстоятельства, условия выполнения процесса (например, номенклатуры-ценники, списки клиентов и поставщиков, состояние запасов, состояние расчетного счета, наличие производственных мощностей и т.д.).

Управляющие объекты должны обязательно отражаться в функциональной модели, а входные объекты – не обязательно. В последнем случае какой-либо управляющий объект одновременно является и входным, например, заказ, на основе которого выполняется работа, преобразуется внутри функционального блока в готовый продукт.

Механизмы – это объекты, которые исполняют процессы (исполнители). К механизмам относят структурные подразделения предприятия, персонал, автоматизированные рабочие места, оборудование.

Объекты могут выступать в различных блоках в разных ролях (например, когда выходной объект одного блока является входным объектом, или управляющим объектом, или механизмом для другого функционального блока). Объекты, которые выступают только в одной роли, обозначаются метками, с которыми связаны пограничные дуги. При этом объекты, передаваемые в детальную диаграмму из вышестоящих диаграмм, обозначаются ICOM-метками:

- I1, I2, I3, ... – входные объекты;
- O1, O2, O3, ... – выходные объекты;
- C1, C2, C3, ... – управляющие объекты;
- M1, M2, M3, ... – механизмы.

Объекты, с которыми связаны пограничные дуги, могут быть локальными на данном уровне диаграммы. Такие объекты связываются с функциональными блоками внешними туннельными дугами, имеющими скобки на внешней стороне стрелки от блока.

Объекты, которые используются во всех функциональных блоках на детальной диаграмме, обозначаются внутренними туннель-

ными дугами, имеющими скобки на внутренней от блока стороне стрелки, и не передаются в качестве ICOM-метки на детальный уровень.

Модель IDEF0 обеспечивает возможность обмена информацией о рассматриваемой системе на языке, понятном не только аналитику и разработчику системы, но и специалисту-эксперту в предметной области, пользователю, руководителю.

В основе модели IDEF0 лежат следующие концепции:

1. Графическое представление модели в виде иерархии блок-схем (диаграмм), обеспечивающее компактность информации.

2. Максимальная коммуникативность, т.е. способность наилучшим образом обеспечить понимаемость модели. Это осуществляется за счет того, что:

- диаграммы основаны на простой графике блоков и стрелок;
- обозначения блоков и стрелок делаются на естественном языке;
- каждая диаграмма сопровождается кратким поясняющим текстом и словарем;
- детализация объекта идет постепенно, отображая иерархию функций и четко очерчивая проявляемые детали;
- схема узлов (диаграмм) обеспечивает быстрый поиск нужной диаграммы внутри иерархической структуры;
- количество блоков-функций на каждой диаграмме ограничено шестью.

3. Строгость и точность, обеспечивающие качество модели с помощью специальных правил IDEF0.

4. Пошаговые процедуры, обеспечивающие эффективные процессы разработки модели, ее просмотра и объединения.

5. Отделение организации от действий, т.е. исключение влияния организационной структуры объекта на его функциональную модель, что обеспечивается выбором соответствующих имен действий и связей в процессе разработки модели.

В моделях IDEF0 модели систем представляются в виде набора диаграмм. Для поддержки последних добавляются необходимые текстовые материалы, включая словари. Технология IDEF0 удовлетворяет потребностям производительности на этапе системного анализа как в краткосрочном аспекте, имея эффективный метод анализа, так и в долгосрочном, обеспечивая высокое качество изложения требований в терминах функциональной модели.

Построение каждого уровня декомпозиции выполняется максимально полно до перехода на следующий уровень. В результате уменьшается вероятность появления в этой части модели ошибок, которые могут вызвать в дальнейшем необходимость повторного моделирования уже построенных нижних уровней декомпозиции в другой части модели. Таким образом, настоящий подход, применяемый к построению модели IDEF0, дает аналитику хорошую возможность получить принципиальные решения по структуре процесса объекта в приемлемое время и задокументировать эти решения для требуемой части структуры модели.

Построение модели в IDEF/Desing начинается с множества вопросов, помогающих создать модель системы.

По результатам ответов на вопросы создаются IDEF0-диаграммы модели. Они основаны на правилах методологии IDEF.

Специальные правила IDEF0:

Регулирование детализации на каждом уровне (правило трех – шести блоков).

Ограничение содержания диаграммы (без пропусков, но и без дополнительных элементов извне области детализации).

Обеспечение связи между диаграммами (применение номеров узлов и блоков, ссылочных выражений).

Обеспечение связи структур данных (применение кодов ICOM и круглых скобок).

Уникальность надписей (меток) и наименований (нельзя использовать несколько имен).

Синтаксические правила для графики (блоков и стрелок).

Ограничения на ветвление стрелок-данных.

Разделение "входов" и "управлений" (правило для определения назначения данных).

Требования к меткам стрелок (правило минимума надписей).

Минимум для данных "управление" (каждой функции требуется хотя бы одно "управление").

Цель и точка зрения (каждая модель должна иметь поставленную цель и точку зрения).

Базисное правило IDEF0 состоит в том, что диаграмма не может иметь менее трех и более шести блоков. Это условие обеспечивает единое, систематическое представление последовательных уровней детализации. Верхнее ограничение (шесть) было выбрано потому, что, как показали эксперименты психологов,

трудно уловить одновременно более чем 5...7 различающихся понятий. Нижнее ограничение (три) выбрано для уверенности в том, что полученная детализация достаточно информативна.

Процесс построения модели носит итерационный характер, модель развивается от стадии к стадии.

4.2.2. IDEF3 – МЕТОД ОПИСАНИЯ ПОТОКОВ РАБОТ И СОСТОЯНИЯ ПРОЦЕССОВ

Модель IDEF3 обеспечивает механизм для сбора и документирования процессов. IDEF3 фиксирует предшествование и отношения причинной связи между ситуациями и событиями в форме, естественной для экспертов предметной области. Он дополняет IDEF0, обеспечивая структурированное представление знаний относительно системы, процесса или работы организации.

Диаграммы являются основной единицей описания в IDEF3. Ими можно описать сценарии действий, например последовательность выполнения операций при обработке детали или услуги, которые необходимо оказать клиенту. Каждая работа в IDEF3 описывает какой-либо сценарий бизнес-процесса и может входить составной частью в другую работу. Работы являются центральными элементами модели в IDEF3.

IDEF3 диаграммы позволяют:

- осуществлять запись несовершенных данных, получаемых из ознакомительных интервью в действиях анализа систем;
- определять влияние информационного ресурса организации на главные действия сценария предприятия;
- документировать процедуры решения, воздействующие на состояние и жизненный цикл разделенных критических данных, особенно на производство, разработку и данные описания изделия;
- управлять конфигурацией данных и контролировать и управлять их изменениями;
- создавать проект системы и проектировать анализ обмена;
- генерировать имитационные модели.

Диаграммы IDEF3 обеспечивают структурирование базы знаний для аналитического конструирования и разработки модели. В отличие от языков моделирования (например, SIMAN, SLAM, GPSS, WITNESS), которые строят прогнозирующие математические мо-

дели, IDEF3 создает структурированные описания. Эти описания содержат информацию относительно того, что система фактически делает или будет делать, а также обеспечивает организацию и наглядность различных представлений для пользователя системы.

В IDEF3 имеются два способа описания: обрабатывается поток работ или описываются состояния сети переходов. Описание потока работ фиксирует знание "как ресурсы работают" в организации, например, описывается, что происходит с деталью, когда она проходит через последовательность производственных процессов. Описание сети переходов состояния объекта суммирует допустимые переходы, которым объект может подвергнуться в течение выполнения специфического процесса. Оба описания содержат единицы информации, которые составляют описание системы. Эти модельные сущности, как их называют, формируют основные единицы IDEF3 описания. Результирующие диаграммы и текст включают то, что называется "описанием" в отличие от названия "модель", обозначающей результат использования других IDEF методов.

Описание потока работ в IDEF3 содержит описание процесса и сети отношений, который существует между процессами в пределах контекста полного сценария, в котором они происходят. Цель этого описания состоит в том, чтобы показать, как объекты работают в специфической организации, когда рассматривается часть проблемы: решающая или возвращающаяся ситуация. Развитие описания потока работ IDEF3 состоит из выражения фактов,

собранных от экспертов предметной области, в терминах пяти основных описательных строительных блоков.

Пример IDEF3 диаграммы показан на рис. 4.2.3.

В терминах IDEF3 элементы, изображаемые прямоугольниками, это – единицы работы (Поведения) (UOB – Unit Of Work или Unit Of Behavior). Работы имеют имена, выраженные отглагольными существительными, обозначающими процесс действия, и номер (идентификатор). Имя работы может меняться в процессе моделирования, а идентификатор не может изменяться. Он присваивается работе при создании и не меняется. Даже если работа удаляется из модели, ее идентификатор не будет использоваться для других работ.

Стрелки (связи) показывают взаимоотношения работ, связывают прямоугольники и определяют логические потоки. Имеется три типа стрелок:

- старшая (Precedence) – сплошная линия, связывающая единицы работ. Рисуется слева направо или сверху вниз. Показывает, что работа-источник должна закончиться прежде, чем работа-приемник начнется;
- отношения (Relation Link) – пунктирная линия, которая используется для изображения связей между единицами работ (UOW), а также между единицами работ и объектами ссылок;
- потоки объектов (Object Flow) – стрелка с двумя наконечниками описывает тот факт, что объект используется в двух и более единицах работы.

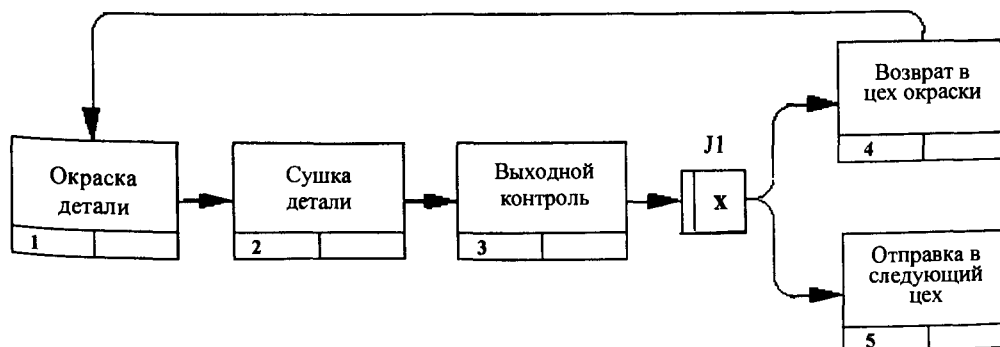


Рис. 4.2.3. Пример диаграммы потока работ в IDEF3

4.2.1. Содержание типов перекрестков

Наименование	Смысл в случае слияния стрелок (Fan-in Junction)	Смысл в случае разветвления стрелок (Fan-out Junction)
Asynchronous AND	Все предшествующие процессы должны быть завершены	Все следующие процессы должны быть запущены
Synchronous AND	Все предшествующие процессы завершены одновременно	Все следующие процессы запускаются одновременно
Asynchronous OR	Один или несколько предшествующих процессов должны быть завершены	Один или несколько следующих процессов должны быть запущены
Synchronous OR	Один или несколько предшествующих процессов должны быть завершены одновременно	Один или несколько следующих процессов должны быть запущены одновременно
XOR (Exclusive OR)	Только один предшествующий процесс завершен	Только один следующий процесс запускается

Меньшие прямоугольники определяют перекрестки (Junction), которые обеспечивают механизм для представления логики потока, т.е. логики взаимодействия стрелок при слиянии и разветвлении. Они также используются для отображения событий, которые могут или должны быть завершены перед началом следующей работы (табл. 4.2.1). Содержание каждого типа перекрестков приведено в таблице. Все перекрестки на диаграмме нумеруются, номер начинается с префикса J.

Каждая работа UOB может быть связана с "описанием в терминах другой работы" и с "описанием в терминах набора частичных объектов и их отношений". Она может быть декомпозирована. Декомпозиция представляет собой диаграмму, которая может быть получена разложением некоторой работы в сценарии высшего уровня. Опыт моделирования продемонстрировал потребность отражения различных представлений одной и той же работы. IDEF3 обеспечивает эту возможность, позволяя многократно декомпозировать одну и ту же работу.

IDEF3 позволяет вводить информацию в модель различными способами. Так, логика взаимодействия может быть представлена графически с помощью перекрестков. Для этих же целей служит такой элемент IDEF3 как ссылка типа ELAB (Elaboration). Ссылка – элемент IDEF3 описания, которая описывает объекты, участвующие в специфической деятельности, факты и ограничения, которые определены для

этих объектов и на видах их деятельности. Каждый элемент IDEF3 диаграммы может иметь ссылку. Объект ссылки изображается в виде прямоугольника, похожего на прямоугольник работы. Ссылка имеет имя. Объекты ссылки должны быть связаны с объектами работ или перекрестками с помощью пунктирных линий. Различают три типа объектов ссылок: безусловные, синхронные и асинхронные.

Диаграммы сети переходов состояния объектов (OSTN) показывают объекто-ориентированные представления процессов, которые сокращают размер диаграмм процесса и агрегируют допустимые переходы.

Состояния объекта и состояния дуги перехода – ключевые элементы диаграммы OSTN. В диаграммах OSTN состояния объекта представлены кругами, а состояние дуги перехода представлено линиями, соединяющими круги. Состояние объекта определено в терминах фактов и ограничений, которые должны быть истинными для длительного существования объекта в этом состоянии, и характеризуется условиями входа и выхода. Условия входа определяют требования, которые необходимо выполнить прежде, чем объект сможет перейти в данное состояние. Условия выхода характеризуют требования, при выполнении которых объект может выйти из данного состояния. Ограничения определены простым списком пар состояние/значение или некоторым выражением для ограничения.

Дуги перехода состояния представляют допустимые переходы между состояниями объекта. Часто удобно выдвинуть на первый план участие процесса в переходе из состояния в другое состояние. Важность такого ограничения процесса между двумя состояниями объекта может быть представлена в IDEF3, добавлением ссылки к дуге перехода между двумя состояниями объекта.

IDEF3 дополняет IDEF0 и может быть создана смешанная модель, в которой описываются различные аспекты сложной системы и которая также может служить базой построения имитационной модели.

Методы Case-технологии при всех их достоинствах имеют очень серьезный недостаток – они представляют статическую картину объекта (его функций, состава, информационных потоков). Попытки изменить эту ситуацию привели, в частности, к созданию метода IDEF/CPN, использующего технологию цветных сетей Петри (Colour Petri Nets) и ряду других подобных методов. Однако в ней присутствуют все недостатки аппарата сетей Петри: большая сложность создания и анализа сети для реальной системы, наличие еще одной (после IDEF описания) искусственной схемы в процессе анализа, трудность моделирования процесса принятия решений и логики управления, сложности при интерпретации результатов моделирования.

Глава 4.3

ПОНЯТИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Модель представляет собой абстрактное описание системы, уровень детализации которой определяет сам исследователь. Человек принимает решение о том, является ли данный

элемент системы существенным, а следовательно, будет ли он включен в описание системы. Это решение принимается с учетом цели, лежащей в основе разработки модели. От того, насколько хорошо исследователь умеет выделять существенные элементы и взаимосвязи между ними, зависит успех моделирования.

Моделями могут быть масштабированные физические объекты (иконические модели), математические уравнения и взаимосвязи (абстрактные модели) или графические (визуальные) модели (рис. 4.3.1). Как видно из рисунка, имитационные модели занимают промежуточное положение между аналоговыми и аналитическими моделями.

Процесс моделирования начинается с определения цели разработки модели, на основе которой затем устанавливаются *границы системы* и *необходимый уровень детализации* моделируемых процессов. Выбранный уровень детализации должен позволять абстрагироваться от неточно определенных из-за недостатка информации аспектов функционирования реальной системы. В описание системы, кроме того, должны быть включены критерии эффективности функционирования системы и оцениваемые альтернативные решения, которые могут рассматриваться как часть модели или как ее входы. Оценки же альтернативных решений по заданным критериям эффективности рассматриваются как выходы модели. Обычно оценка альтернатив требует внесения изменений в описание системы и, следовательно, перестройки модели. Поэтому на практике процесс построения модели является итеративным. После того как на основе полученных оценок альтернатив могут быть выработаны рекомендации, можно приступать к внедрению результатов моделирования. При этом в рекомендациях должны быть четко сформулированы как основные решения, так и условия их реализации.

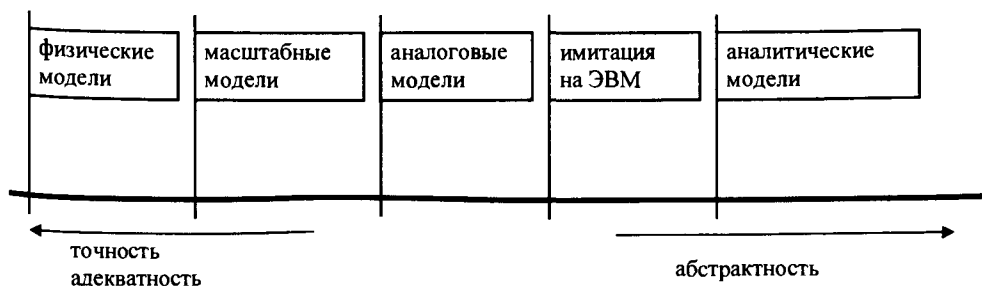


Рис. 4.3.1. Соотношение различных средств (методов) моделирования

Имитационное моделирование (ИМ) (в широком смысле) – есть процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках накладываемых ограничений) различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы.

Имитационное моделирование (в узком смысле) – это представление динамического поведения системы посредством продвижения ее от одного состояния к другому в соответствии с хорошо известными операционными правилами (алгоритмами).

Следовательно, для создания ИМ надо выделить и описать состояния системы и алгоритмы (правила) его изменения. Далее это записывается в терминах некоторого инструментального средства моделирования (алгоритмического языка, специализированного языка) и обрабатывается на ЭВМ.

Имитационная модель – это логико-математическое описание системы, которое может быть использовано в ходе проведения экспериментов на цифровой ЭВМ.

ИМ могут использоваться для проектирования, анализа и оценки функционирования систем. С ИМ проводятся машинные эксперименты, которые позволяют сделать выводы о поведении системы:

- без ее построения, если это проектируемая система;
- без вмешательства в ее функционирование, если это действующая система, экспериментирование с которой невозможно или нежелательно (дорого, опасно);
- без ее разрушения, если цель эксперимента состоит в определении воздействия на систему.

Процесс формирования и использования имитационной модели упрощенно можно представить следующим образом (рис. 4.3.2). На рисунке представлены пути решения с использованием аналитической модели и имитации. В последнем случае выделяем два подхода – традиционную имитацию и интеллектуальное моделирование. Аналитическое моделирование, хотя и дает сразу ответ на поставленную задачу, связано с большим числом упрощений реального мира и поэтому получаемое решение в большей мере не соответствует исходным данным, чем при имитации.

Для ИМ характерно воспроизведение явлений, описываемых формализованной схе-

мой процесса, с сохранением их логической структуры, последовательности чередования во времени, а иногда и физического содержания.

Моделирование сложных крупномасштабных систем – более трудная задача, чем моделирование физических систем:

- имеется мало фундаментальных законов, относящихся к рассматриваемой системе;
- многие взаимосвязи элементов в системе с трудом поддаются количественному описанию и формализации;
- трудно количественно описать поведение входных элементов;
- важную роль играют стохастические процессы;
- неотъемлемой частью таких систем является процесс принятия решений (человеком, компьютерной программой).

Все это в полной мере присутствует в ПС.

Из-за сложности ПС требуется при их анализе или проектировании применять имитационное моделирование, которое позволяет использовать релевантную информацию различного вида, включая точные данные, количественную информацию, и неточные – полученные интуитивно, из опыта экспертов, с учетом оценок, суждений и различных эвристик.

Достоинства ИМ:

1. Дает возможность практически неограниченно повышать точность оценки при анализе различных явлений – все определяется степенью детализации описания объекта моделирования и адекватностью самой ИМ. Для сравнения: аппарат аналитического моделирования позволяет определить отдельные показатели функционирования ПС с точностью до 10...15 %.

2. Реализация моделирующего алгоритма на ЭВМ делает процесс моделирования (функционирования) "наблюдаемым", что дает дополнительные возможности для анализа ПС.

3. Метод позволяет решать задачи исключительной сложности; исследуемая система может одновременно содержать элементы непрерывного и дискретного действия, быть подверженной воздействию различных случайных факторов и, наоборот, детерминированных, но не описываемых аналитически.

Недостатки ИМ:

1. Решение всегда носит частный характер – ИМ не способны формировать свое собственное решение в том виде, в каком это имеет место в аналитических моделях, а могут лишь служить в качестве средства для анализа поведения системы в условиях, которые определены экспериментом.

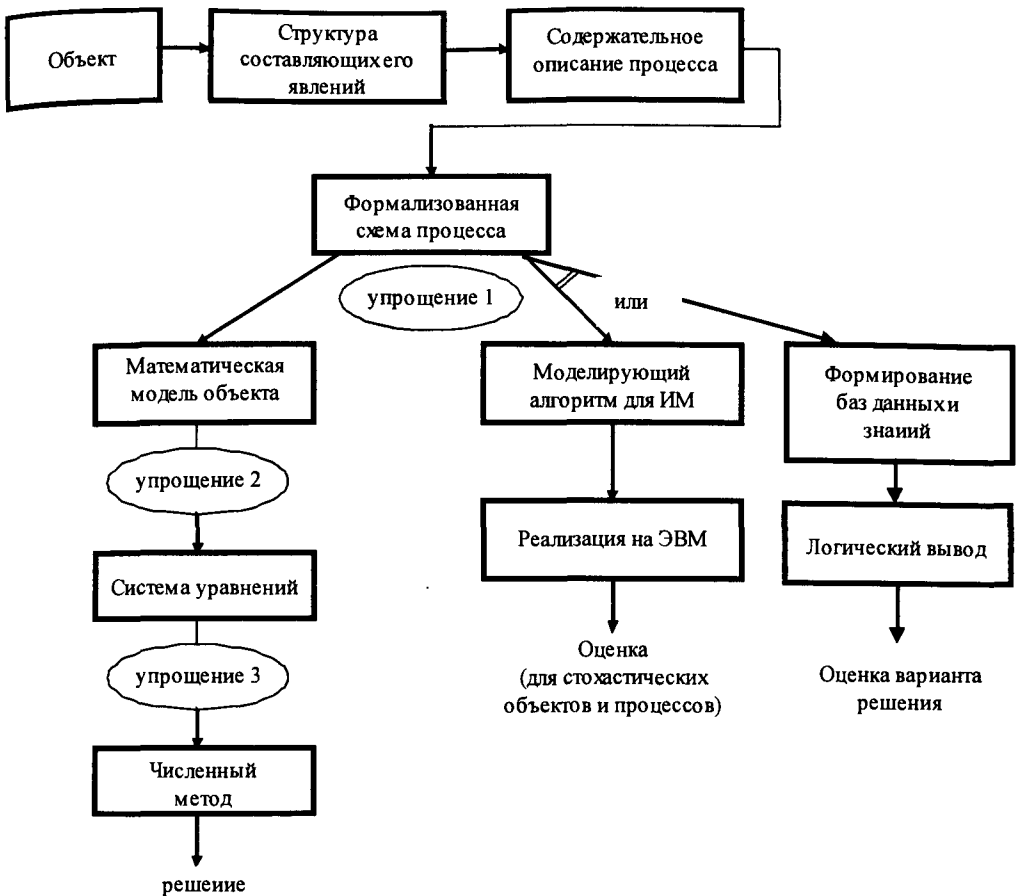


Рис. 4.3.2. Схема формирования и использования имитационной модели

2. Все ИМ представляют собой модели типа "черный ящик", т.е. формально в ИМ невозможно выделить и исследовать отдельные компоненты (например, основное технологическое оборудование без транспортно-накопительной системы).

3. При постановке оптимизационных задач возможно использование только методов поисковой оптимизации (или эвристических). При аналитическом же описании можно применять методы математического анализа (производные, нахождение экстремумов функционалов в теории сложных систем).

4. Для достижения статистической значимости и точности результатов необходимо значимое количество экспериментов, что связано с большими затратами машинного времени.

5. Проблема адекватности — не существует формальных методов проверки адекватности.

Глава 4.4

СТРУКТУРА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Рассматривая сложные системы, в первую очередь выделяют проблемы, связанные с внутренней структурой сложных систем. При этом подчеркивается, что не может быть единственной модели данной системы: *существует множество моделей*, каждая из которых обладает характерными математическими свойствами и пригодна для изучения определенного класса вопросов, связанных со структурой и функционированием системы.

Структурная связность является, по-видимому, наиболее существенной качественной характеристикой сложной системы. Она связана с двумя важными свойствами системы

- математической структурой неприводимых компонентов (подсистем),
- способом, которым эти компоненты связаны между собой

Отсюда следует, что сложность присуща самой системе, а тот факт, что она все же связана с взаимодействием исследователя и системы, отступает на второй план

Помимо структурной, или статической сложности, включающей связность и структуру подсистем, существует динамическая сложность, обусловленная поведением системы во времени. Эти два вида сложности могут быть относительно независимы, т.е. структурно простая система может быть динамически сложной и наоборот.

ИМ отражает все перечисленные виды связности системы, и поэтому на ней могут исследоваться закономерности функционирования ПС, выявляться новые, непредвиденные свойства.

Особенностью является также то, что модель и реальная ПС всегда не полностью адекватны. Модель является абстрагированным отображением реальности, во многом неся в себе, помимо отражения реальности, представления и знания ее создателя (включая неверные, неточные знания или их отсутствие).

ПС являются управляемыми системами. Исследователь играет активную роль в функционировании сложной системы, ибо он имеет возможность генерировать определенные внешние воздействия на систему, пытаясь заставить вести ее необходимым для него (оптимальным) образом.

Помню внешнего управления сложная система, как правило, имеет в себе одну или несколько подсистем, выполняющих функции управления. Эта своя собственная система управления, совсем не обязательно функционирующая в полном соответствии с внешним управлением, что следует из свойств сложных систем. Поэтому, говоря о сложности управляемых систем, следует рассматривать кроме структурной и динамической сложности еще и **сложность управления**.

Абстрактное описание ПС и процессов в нем могут получаться с использованием различного математического аппарата. Моделирование и имитация, являясь основным сред-

ством анализа сложных систем, вырабатывают свои подходы к описанию систем, упрощению, планированию и проведению экспериментов, проверке адекватности модели, анализу результатов. Одним из основных понятий при моделировании служит **состояние системы**.

При описании системы целесообразно разделить все переменные на три группы:

1 Входные переменные и воздействия, представляющие внешнюю по отношению к рассматриваемой системе информацию.

2 Выходные переменные, характеризующие некоторые стороны функционирования системы и являющиеся ее реакцией на вход.

3 Переменные состояния, характеризующие динамическое поведение системы.

Имеются *внутреннее* и *внешнее* описания системы (рис. 4 4 1). *Внешнее* описание рассматривает систему как отношение вход – выход. При этом система представлена "черным ящиком", у которого известны входы (часто просто как набор чисел) и соответствующие им выходы. Механизм перевода входов в выходы при этом не известен. Также не известны алгоритмы подсистемы управления, т.е. это может быть достаточно абстрактное описание системы, при котором переменные состояния системы скрыты от исследователя.

Противоположностью внешнего описания является *внутреннее*. Оно содержит детальное описание элементов системы, их взаимосвязи, свойства и т.п. В этом плане оно гораздо объемнее внешнего описания и дает гораздо больше информации о процессе в системе. Внутри ПС имеются сотни переменных и различные способы их взаимодействия. Эти переменные относятся либо к отдельным подсистемам, либо к связям, характеризующим структуру системы, куда же входят переменные подсистемы управления. Можно считать, что внутренняя модель системы порождает внешнюю.

Используя имитационное моделирование, проектировщик ИМ создает внутреннее описание модели. При этом он выбирает переменные состояния и описывает логику преобразования входа в выход. Различный выбор этих переменных приводит к различным структурам модели в переменных состояниях.

Создавая ИМ, проектировщик прежде всего имеет дело со структурной и динамической сложностью системы, а также сложностью управления. Поэтому он должен осуществить ее декомпозицию и учесть иерархический аспект управления отдельными подсистемами.

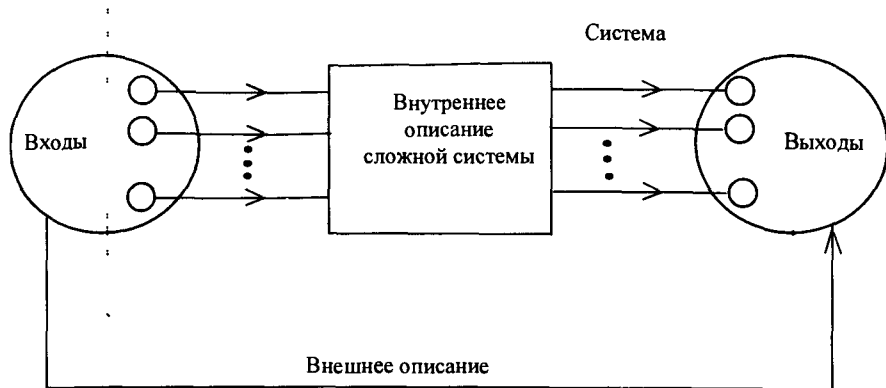


Рис. 4.4.1. Внутреннее и внешнее описания сложной системы

Системный аналитик, выполняющий имитационные эксперименты на ЭВМ, имеет дело с внешним описанием системы. Задавая вход, он получает значения интересующих его выходных переменных, при этом у него нет информации (если ее специально не получать при моделировании) о том, как произошло преобразование входа в выход.

Для выполнения поставленной цели ПС должна быть управляемой. Управление (принятие решений) осуществляется на основе информации о выходе, поставленной перед ПС цели и состоянии окружающей среды, в которой работает данная система. Для принятия решения в сложившейся ситуации используется алгоритм управления A и модель объекта управления F .

Под сложностью управляемой системы понимают тот уровень сложности, который сопряжен с вычислениями, необходимыми для того, чтобы система была полностью управляемой. В противном случае неустойчивые конфигурации или неустойчивое поведение системы могут появиться, если быстрое действие некоторых подсистем недостаточно велико, чтобы вовремя реагировать на изменения входных воздействий.

Таким образом, ПС необходимо изучать с различных позиций в зависимости не только от целей анализа, аспектов ее природы, поведения, но и от особенностей управления.

Разрабатывая ИМ ПС, исследователь должен не только реализовать внутреннее описание модели, но и запрограммировать алгоритм управления, что часто оказывается не менее сложно сделать, чем создать модель.

Многоуровневость принятия решений в ПС предполагает применение различных алгоритмов принятия решений и, соответственно, различных моделей, отличающихся степенью детализации, точностью, используемыми математическими методами, на которых строятся модели, способом реализации и т.д.

Системы ИМ включают в себя модель системы управления моделируемого объекта, а в пределе саму эту систему в полном объеме. С другой стороны, принятие решений при управлении невозможно без моделирования (в частном случае имитационного). Это связано с тем, что управление невозможно без прогнозирования, а возможность систематического прогнозирования дается только модельным описанием. Именно в этом проявляется фундаментальная роль моделей в теории и практике управления ПС. Наличие большого количества моделей для принятия решений приводит к постановке вопроса о проблемно-ориентированных комплексах моделей и базах моделей со своей системой управления.

Такая взаимосвязь и взаимозависимость функций систем управления и моделирования выдвигает предпосылки к использованию единого подхода к формализации процессов и систем для целей моделирования и принятия решений. Это должно обеспечить концептуальное единство создаваемых ИМ, создать единую инструментальную среду для решения широкого круга задач, снизить затраты на разработку и исследование систем и процессов.

Приведенный выше материал показывает, что имеется тесная взаимосвязь между принятием решений при управлении ПС и ее

моделированием (прежде всего имитационным). ИМ позволяет заранее выбирать эффективные алгоритмы, прогнозировать ход процесса в системе, получать новые данные и знания о ПС и процессах в ней и т.д. С другой стороны, при ИМ используются алгоритмы управления (логика управления).

Таким образом, можно сделать вывод об общности требований, предъявляемых к системам управления и ИМ ПС, которые должны быть выполнены при проектировании и эксплуатации таких систем.

При имитационном моделировании ПС условно выделим в ИМ модель управляемого объекта, модель системы управления и модель внутренних случайных возмущений (рис. 4.4.2).

Входы модели управляемого объекта делятся на контролируемые неуправляемые $\bar{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, контролируемые управляемые $\bar{U} = (u_1, u_2, \dots, u_m)$ и возмущения $\bar{E} = (e_1, e_2, \dots, e_q)$. Система характеризуется ее выходом $\bar{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_l)$. Управление, в свою очередь, является выходом модели сис-

темы управления, а возмущения – моделями внутренних возмущений (выходом датчиков случайных чисел).

Система может находиться в одном из допустимых состояний, представляющих собой вектор $\bar{C} = (c_1, c_2, \dots, c_s)$ и $\bar{C} \in \Omega$, где Ω – пространство возможных (не только допустимых) состояний системы.

Пространство состояний совсем не обязательно должно быть привязано к реальной физической системе. Это может быть чисто математическая условность, введенная для простоты и краткости описания. Например, состояние инструментального участка можно описать в терминах систем массового обслуживания (как это делается в языке GPSS), т.е. приборов обслуживания, очередей, заявок на обслуживание и т.д. Однако для системного анализа, изучающего особенности динамики элементов системы, желательно оперировать с понятиями предметной области. Это позволяет привлекать к работе специалистов, не владеющих имитационным моделированием, но хорошо знающих предметную область, легче интерпретировать результаты имитации.

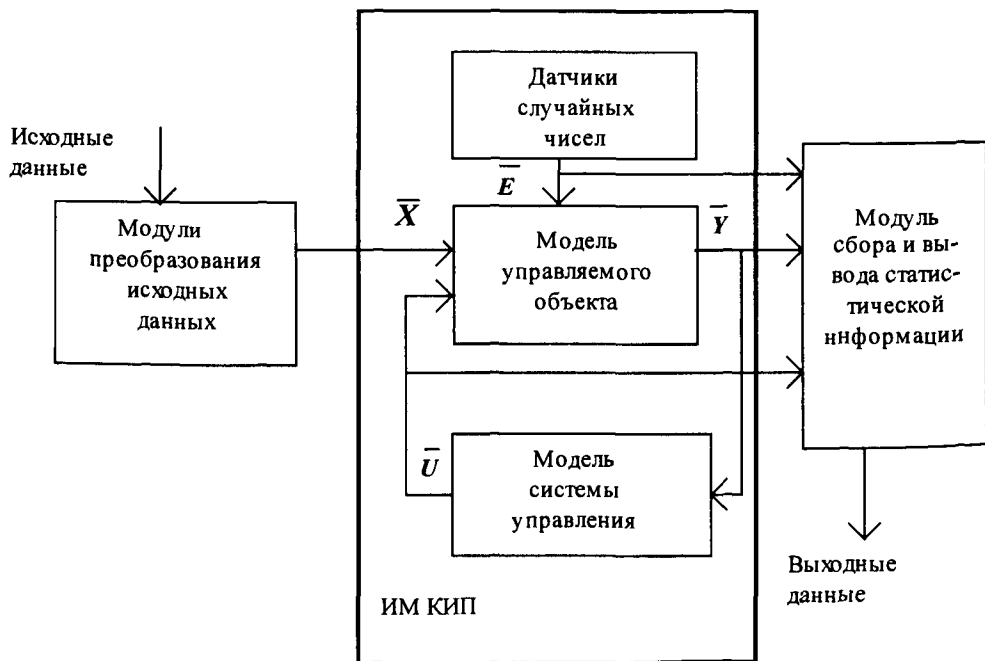


Рис. 4.4.2. Состав имитационной модели

Так как ИМ представляет собой программу на ЭВМ, то принципиальной является возможность получения в процессе исследования значений всех указанных переменных, включая случайные возмущения, т.е. в ней нет ненаблюдаемых переменных, как это имеет место при проведении экспериментов с системами реального мира.

Под дискретностью ПС и, соответственно, ее ИМ понимают тот факт, что существует некоторое счетное множество моментов времени, в которые изменяются значения переменных. На интервале времени указанные переменные не изменяются и их значения равны значениям в момент времени, начинающий данный интервал. Переход системы из одного состояния в другое происходит скачком (мгновенно) и представляет собой неделимое событие, т.е. оно не может быть выполнено, например, наполовину.

Глава 4.5

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Процесс последовательной разработки имитационной модели начинается с создания простой модели, которая затем постепенно усложняется в соответствии с требованиями, предъявляемыми реальной проблемой. В процессе имитационного моделирования можно выделить следующие основные этапы:

1. *Формулирование проблемы*: описание исследуемой проблемы и определение целей исследования.

2. *Разработка модели*: логико-математическое описание моделируемой системы в соответствии с формулировками проблемы.

3. *Подготовка данных*: идентификация, спецификация и сбор данных.

4. *Трансляция модели*: перевод модели на язык, приемлемый для используемой ЭВМ.

5. *Верификация*: установление правильности машинных программ.

6. *Валидация*: оценка требуемой точности и соответствия имитационной модели реальной системе.

7. *Стратегическое и тактическое планирование*: определение условий проведения машинного эксперимента с имитационной моделью.

8. *Экспериментирование*: прогон имитационной модели на ЭВМ для получения требуемой информации.

9. *Анализ результатов*: изучение результатов имитационного эксперимента для подготовки выводов и рекомендаций по решению проблемы.

10. *Реализация и документирование*: реализация рекомендаций, полученных на основе имитации, и составление документации по модели и ее использованию.

Глава 4.6

ТРАДИЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

В зависимости от того, каким образом изменяются значения переменных состояния системы, различают три вида моделирования:

– *дискретное* – значения меняются скачком;

– *непрерывное* – значения изменяются непрерывно;

– *дискретно-непрерывное* – значения изменяются непрерывно, но иногда происходят скачки, или часть переменных состояния изменяется скачками, а часть – непрерывно.

Элементы дискретной системы, такие, как люди, оборудование, заказы, потоки материалов, включенные в имитационную модель, называются ее компонентами. Существует много типов компонентов, каждый из которых описывается различными характеристиками (атрибутами). Компоненты, участвующие в действиях различного типа, могут иметь одну или несколько общих характеристик, что позволяет объединять их в группы. Группы компонентов называются файлами. Включение компонента в файл означает, что он логически связан с другими компонентами этого файла.

Целью дискретного имитационного моделирования является воспроизведение взаимодействий, в которых участвуют компоненты, и изучение поведения и функциональных возможностей исследуемой системы. Для этого выделяются состояния системы и описываются действия, которые переводят ее из этого состояния в другое. Говорят, что система находится в определенном состоянии, когда все ее компоненты находятся в состояниях, совместимых с областью значений, описывающих это состояние характеристик. Таким образом, имитация – это динамический "портрет" состояний системы во времени, т.е. воспроизведение поведения системы во времени.

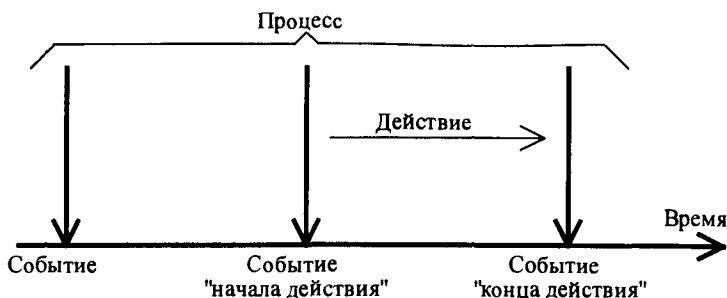


Рис. 4.6.1. Взаимосвязь между событиями, действиями и процессами

При дискретной имитации состояние системы может меняться только в моменты совершения событий. Так как состояние системы не изменяется между этими моментами, полный динамический портрет состояний системы может быть получен путем продвижения имитационного времени от одного события к другому. В большинстве языков дискретной имитации используется механизм продвижения времени, основанный на поиске следующего ближайшего события.

Функционирование дискретной имитационной модели можно задать следующим образом: определяя изменения состояния системы, происходящие в момент совершения событий; описывая действия, в которых принимают участие элементы системы или процесс, через который проходят элементы. Взаимосвязь между понятиями *событие*, *действие* и *процесс* представлена на рис. 4.6.1. Событие происходит в тот момент, когда принимается решение о начале или окончании действия. Процесс – это ориентированная во времени последовательность событий, которая может состоять из нескольких действий. Эти представления лежат в основе трех альтернативных методологических подходов к построению дискретных имитационных моделей, называемых обычно событийным подходом, подходом сканирования активностей и процессно-ориентированным подходом.

4.6.1. СОБЫТИЙНЫЙ ПОДХОД

При событийном подходе система моделируется путем идентификации изменений, происходящих в ней в моменты совершения событий. Задача исследователя заключается в описании событий, которые могут изменить состояние системы, и определении логических взаимосвязей между ними. Имитация функ-

ционирования системы осуществляется путем выполнения упорядоченной во времени последовательности логически взаимосвязанных событий.

Для иллюстрации событийного подхода рассмотрим пример робота, перемещающего палеты с заготовками (далее просто палеты) между участками цеха. Палеты появляются на входе системы транспортировки, после возможного ожидания перевозятся роботом и затем покидают систему транспортировки. Состояние системы в этом примере определяется состоянием робота и числом ожидающих обслуживания палет. Оно остается неизменным, за исключением моментов, когда появляется новая палета на транспортировку или когда палета покидает систему. Поэтому событийная модель состоит в данном случае из описания действий, происходящих в момент прибытия и окончания обслуживания очередной палеты. Так как изменения состояния системы могут происходить только в эти моменты времени, использование событий "прибытие" и "конец обслуживания" полностью обеспечивает воспроизведение динамики функционирования системы.

Обсудим сначала логику события "прибытие". Операторная схема этого события имеет следующий вид:

ПЛАНИРОВАНИЕ СЛЕДУЮЩЕГО ПРИБЫТИЯ.

ЕСЛИ РОБОТ ЗАНЯТ: ЧИСЛО ОЖИДАЮЩИХ = ЧИСЛО ОЖИДАЮЩИХ + 1; ВОЗВРАТ.

ЕСЛИ РОБОТ СВОБОДЕН: ПЕРЕВОД РОБОТА В СОСТОЯНИЕ "ЗАНЯТ"; ПЛАНИРОВАНИЕ СОБЫТИЯ "ОКОНЧАНИЕ" ОБСЛУЖИВАНИЯ В МОМЕНТ ВРЕМЕНИ = ТЕКУЩЕЕ ВРЕМЯ + ВРЕМЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ; ВОЗВРАТ.

КОНЕЦ.

На первом шаге планируется прибытие следующей палеты, что в ходе имитации при неоднократном обращении к этой процедуре позволяет организовать непрерывный поток прибытий. Поведение прибывшей палеты зависит от состояния системы в текущий момент времени. Если робот занят, прибывшая палета помещается в очередь, и изменение состояния системы осуществляется путем увеличения ожидающих палет на единицу. Если робот свободен, прибывшая палета сразу же обслуживается, и изменение состояния системы осуществляется путем перехода робота в состояние "занят". Кроме того, должно быть запланировано событие "конец обслуживания" для данной палеты в момент времени, равный текущему времени плюс время, затрачиваемое роботом на обслуживание.

Рассмотрим теперь логику события "конец обслуживания". Операторная схема этого события имеет следующий вид:

ЕСЛИ ЧИСЛО ОЖИДАЮЩИХ БОЛЬШЕ НУЛЯ: ЧИСЛО ОЖИДАЮЩИХ = ЧИСЛО ОЖИДАЮЩИХ - 1; ПЛАНИРОВАНИЕ ОКОНЧАНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ В МОМЕНТ ВРЕМЕНИ, РАВНЫЙ ТЕКУЩЕМУ ВРЕМЕНИ + ВРЕМЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ; ВОЗВРАТ.

ЕСЛИ ЧИСЛО ОЖИДАЮЩИХ РАВНО НУЛЮ: ПЕРЕВОД РОБОТА В СОСТОЯНИЕ "СВОБОДЕН"; ВОЗВРАТ.

КОНЕЦ.

Когда робот заканчивает обслуживание очередной палеты, сначала проверяют, есть ли палеты, ожидающие обслуживания. Если такие палеты имеются, то их число уменьшается и планируется событие "конец обслуживания" первой из ожидающих палет. В противном случае робот переходит в состояние "свободен".

При имитации функционирования системы с одним роботом на основе использования событийного подхода воспроизводят хронологию (календарь) событий и причины, вызывающих их появление в соответствующие моменты имитационного времени. Календарь событий первоначально содержит отметку только о первом событии "прибытие". В ходе имитации возникновение других событий "прибытие" и "конец обслуживания" должно быть запланировано в календаре в соответствии с логикой функционирования системы. События выполняются в упорядоченной по времени последовательности, при этом имитационное время продвигается от одного события к другому.

Если для построения событийно-дискретной модели разработчик использует какой-либо универсальный язык, например, Паскаль, то программирование календаря событий и механизм продвижения имитационного времени, обеспечивающие обработку событий в хронологической последовательности, требуют значительных затрат. Так как функция продвижения времени необходима для реализации любой дискретно-событийной модели, разработан ряд имитационных языков, обеспечивающих разработчика средствами для выполнения этой и других обычно встречающихся функций. Двумя распространенными событийно-дискретными языками являются GASP и SIMSCRIPT.

4.6.2. ПОДХОД СКАНИРОВАНИЯ АКТИВНОСТЕЙ (МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЙСТВИЙ)

При использовании подхода сканирования активностей разработчик описывает действия, в которых принимают участие элементы системы, и задает условия, определяющие начало и окончание этих действий. События, которые начинают или завершают действие, не планируются разработчиком модели, а иницируются по условиям, определенным по данным действиям. Условия начала или окончания действия проверяются после очередного продвижения имитационного времени. Если заданные условия удовлетворяются, происходит соответствующее действие. Для того чтобы было выполнено каждое действие в модели, сканирование условий производится для всего множества действий при каждом продвижении имитационного времени.

Операторная схема для нашего примера модели сканирования активностей имеет вид:

Действие 1:

Условие начала: РОБОТ "СВОБОДЕН" И ЧИСЛО ПАЛЕТ В ОЧЕРЕДИ БОЛЬШЕ НУЛЯ.

Выполнить: УМЕНЬШИТЬ ЧИСЛО ПАЛЕТ В ОЧЕРЕДИ НА ЕДИНИЦУ И ПЕРЕВЕСТИ РОБОТ В СОСТОЯНИЕ "ЗАНЯТ".

Условие окончания: ВРЕМЯ, ПРОШЕДШЕЕ С НАЧАЛА ДЕЙСТВИЯ, БОЛЬШЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ.

Выполнить: ПЕРЕВЕСТИ РОБОТ В СОСТОЯНИЕ "СВОБОДЕН".

Действие 2:

Условие начала **ВРЕМЯ, ПРОШЕДШЕЕ С МОМЕНТА ПРИХОДА ПРЕДЫДУЩЕЙ ПАЛЕТЫ, БОЛЬШЕ ИНТЕРВАЛА МЕЖДУ ПОЯВЛЕНИЯМИ ПАЛЕТ.**

Выполнить **УВЕЛИЧИТЬ ЧИСЛО ПАЛЕТ В ОЧЕРЕДИ НА ЕДИНИЦУ.**

Условие окончания **НЕТ.**

Выполнить **НЕТ.**

В этой модели первое действие происходит всякий раз, когда освобождается робот или появляется палета в очереди. Действие сводится к занятию робота на время обслуживания и уменьшению очереди. Второе действие происходит всякий раз, когда проходит время между приходами палет. Его следствием является увеличение очереди на единицу.

Подход сканирования активностей обеспечивает простую схему моделирования для решения целого ряда проблем. Он наиболее эффективен для ситуаций, в которых продолжительность действия определяется в зависимости от того, насколько состоят системы удовлетворяет заданным условиям. Тем не менее, так как необходимо сканировать условия для каждого действия, подход сканирования активностей менее эффективен по сравнению с событийным подходом и поэтому имеет ограниченное применение в дискретной имитации. Однако ряд имитационных языков имеет специфические черты, основанные на концепции сканирования. Так, язык СЛАМ включает два метода актуализации действий, моменты начала и окончания которых зависят от состояния системы.

4.6.3 ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД

Многие ИМ содержат последовательности компонентов, которые возникают в них по определенной схеме, например, очередь, в которой палеты ожидают обслуживания. Логика возникновения компонентов по требуемой схеме может быть обобщена и задана в одном операторе. Имитационный язык затем транслирует такие операторы в последовательность событий, происходящих с компонентами системы. Имитационные языки, включающие операторы для моделирования процесса прохождения элементов через систему, обычно называются процессно-ориентированными. Эти операторы определяют последовательность событий, которые автоматически выполняются имитаци-

онным языком, по мере того, как элементы продвигаются через систему. Например, следующий набор операторов может быть использован для описания процесса в модели транспортировки

СОЗДАВАТЬ ПРИБЫВАЮЩИЕ ПАЛЕТЫ ЧЕРЕЗ КАЖДЫЕ T ЕДИНИЦ ВРЕМЕНИ;

ОЖИДАТЬ РОБОТ;

ПРОДВИНУТЬ ВРЕМЯ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОБСЛУЖИВАНИЯ;

ОСВОБОДИТЬ РОБОТ;

УДАЛИТЬ ПАЛЕТУ.

Первый оператор генерирует прибывающие в систему палеты через каждые T единиц имитационного времени. Величина T может быть константой или принимать случайные значения. Оператор "ожидать" определяет, что палета ожидает до тех пор, пока робот освобождается. Этот тип оператора аналогичен понятию действия по условию, применяемого в подходе сканирования активностей. Оператор "продвинуть время" моделирует тот период времени, в течении которого палета обслуживалась. Этот тип оператора аналогичен оператору планирования в событийном подходе. Он помещает в календарь метку о том, что обслуживание палеты будет закончено в момент, равный текущему имитационному времени плюс время обслуживания. После завершения обслуживания палета покидает систему и робот освобождается. Освобождение робота позволяет сразу же приступить к перевозке какой-либо ожидающей палеты из оператора "ожидать".

Из приведенного примера видно, что процессно-ориентированный подход сочетает в себе черты событийного подхода и подхода сканирования активностей. Он обеспечивает описание прохождения компонентов через процесс, содержащий ресурсы. Простота этого подхода состоит в том, что определяемая операторами логика событий заложена в самом имитационном языке. Однако, так как мы обычно вынуждены ограничивать набор стандартных операторов языка, этот подход является менее гибким, чем событийный. Кроме того, требуется постоянный анализ состояния ресурсов после их использования.

Наиболее распространенными процессно-ориентированными языками являются GPSS, SIMULA и Q-GERT. Эти языки имеют различия в типах и синтаксисе операторов и методах их объединения. Язык GPSS основан

на методе блочных диаграмм, в котором блок соответствует определенному типу операторов. Блоки соединяются друг с другом, образуя блок-схемы. В отличие от GPSS множество операторов языка SIMULA является подмножеством общецелевого языка Алгол. В языке Q-GERT применяется графовое представление моделируемой системы.

Глава 4.7

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Требования к инструментальным средствам имитационного моделирования могут быть сформулированы следующим образом:

- универсальность по отношению к решаемым задачам,
- инвариантность к достаточно широкому классу ПС,
- легкость настройки на конкретную ПС (гибкость),
- возможность воспроизводить в имитационной модели сложную систему управления, в том числе моделировать деятельность человека при принятии решений.

В качестве основных требований, которым должны удовлетворять системы управления и моделирования, чтобы быть эффективными, можно указать следующие:

- единство подхода к решению задач управления и моделирования на всех их стадиях,
- легкую адаптируемость к изменению условий функционирования ПС как внешних (изменение внешнего рынка, входных управляющих воздействий, целей функционирования, критериев и т.п.), так и внутренних (изменение структуры ПС, отказы элементов и др.),
- открытость по отношению наращивания функциональных возможностей,
- эффективность диалоговых процедур работы операторов,
- легкость наладки на новые производственные условия ПС,
- простоту и понятность для пользователя.

Чтобы отвечать этим и аналогичным требованиям, при разработке систем должен быть выполнен ряд принципов:

- работа разработчиков и пользователей на концептуальном уровне, т.е. с концептуальными моделями ПС. Концептуальная модель должна отражать все относящиеся к

проблеме управления и моделирования описания, правила и ограничения (принцип 100 % охвата). Концептуальная модель должна содержать только концептуально важные аспекты (принцип концептуальности),

- структурированность подхода (принцип структурированности), предусматривающая последовательное разбиение проблемы на соподчиненные части с определенным множеством связей между ними,

- ориентированность описания на решение определенного класса задач управления или моделирования (принцип ориентированности), кроме того, язык описания должен быть ориентирован на определенного пользователя и соответствовать языку его проблемной области, т.е. отвечать требованиям, предъявляемым пользователями,

- единственность системы для решения всех задач проблемной области (принцип интеграции), предусматривается, что концептуальные модели предметных подобластей должны интегрироваться в связную и непротиворечивую модель,

- разделения системы принятия решений и информационной базы с вынесением в последнюю кроме данных еще и знаний о предметной области,

- максимальная независимость системы принятия решений от конкретных характеристик ПС с перенесением этой конкретики в базы данных и знаний.

Начальный этап построения математической модели некоторой системы состоит в идентификации существенных переменных и их взаимосвязей. Он включает в себя определение размерности пространства состояний, описание внутренней динамики системы и содержательных связей между множествами объектов, получение статистических характеристик для случайных воздействий. Поскольку идентификация определяется видом математического описания, которое, в свою очередь, зависит от того, насколько удачно проведена идентификация, процесс построения модели является итерационным.

В основе применяемых языков моделирования лежат три альтернативных методологических подхода к построению дискретных ИМ.

1 Языки, ориентированные на события, т.е. языки, моделирующие процесс по временным моментам, в которые происходят изменения состояния системы. Состояние системы между этими моментами не изменяется.

К этому классу языков моделирования относятся СИМСКРИПТ, GASP-IV, СИМПАК, СИМКОН и др.

2. Языки, ориентированные на действия (работы), в которых заданы условия появления событий, но не регламентировано время их появления. Эти языки используют при моделировании систем, описываемых нерегулярно происходящими событиями. К ним относятся языки CSL, ФОРСИМ, ECSL, GSP и др.

3. Языки, ориентированные на процессы, т.е. совокупность событий, описывающих поведение системы. Написанная на таком языке программа работает так же, как и несколько программ на языке, ориентированном на события. К ним относятся языки SIMULA, SOL, GPSS, INS, ПМДС и др.

Существует ряд специализированных языков моделирования, объединяющих положительные свойства различных подходов. К таким языкам относятся, например, Q-GERT, SLAM-II и др. Языки и системы имитационного моделирования Agena, AweSim (основанные на идеях SLAM-II) и, в большей степени, G2, Simple++ и MODSIM III используют элементы объектно-ориентированного подхода.

Основным недостатком языков моделирования является их относительно ограниченная гибкость с точки зрения многообразия исследуемых систем и возможного разнообразия задач их анализа и синтеза. Это приводит к необходимости разработки новых моделей для альтернативных вариантов не только структуры моделируемой системы, но и управляющих элементов сложной системы.

Чем точнее необходимо описать поведение сложных систем, тем точнее требуется модель и тем она сложнее. Поэтому имеется компромисс между точностью и простотой модели. Применение диалоговых проблемно-ориентированных систем ИМ позволяет решить многие трудности при проведении имитационных экспериментов.

В области разработки различных инструментальных средств, в том числе средств ИМ, сформировалась концепция гибридных систем, сочетающих в себе возможности различных методов и подходов (речь идет о системах, объединяющих возможности ИМ и экспертных систем).

Опыт использования ИМ при решении задач сопровождения ПС показал, что в данном случае возникают специфические проблемы, среди которых можно выделить три группы:

1. К инструментальным средствам предъявляют противоречивые требования универсальности и гибкости. Известно, что этот компромисс может быть разрешен на основе использования методов искусственного интеллекта. Универсальные алгоритмические языки программирования обладают предельной универсальностью и инвариантностью (если модель невозможно описать на таком языке, то ее нельзя создать для ЭВМ в принципе), но наименьшей гибкостью, поскольку программирование модели на таком языке – процесс долгий и трудоемкий и любое незначительное изменение модели требует перепрограммирования. Проблемно-ориентированные системы позволяют достаточно легко производить настройку модели, но не обладают универсальностью. Специализированные языки занимают промежуточное положение.

2. Для грамотного использования моделей необходима высокая квалификация пользователя в математической статистике, теории случайных процессов, теории экспертных оценок и в других областях, либо привлечение специалиста в этих областях. Эти проблемы можно решить с помощью традиционных экспертных систем, выступающих в роли интеллектуального интерфейса.

3. Поскольку неотъемлемой частью многих ПС является система управления, то невозможно адекватно моделировать процесс без ее учета. Для моделирования таких систем необходимо учитывать в модели систему управления. Большинство современных инструментальных средств моделирования имеет весьма ограниченные возможности в этом смысле. При реализации функций управления можно воспользоваться методами искусственного интеллекта, в частности тех же экспертных систем.

Глава 4.8

МЕТОДЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ИМИТАЦИИ

4.8.1. ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

Для автоматизации ИМ данные и знания о ПС и протекающих в них должны быть каким-то образом получены, формализованы и занесены в информационную базу в ЭВМ. Основная проблема – отделить знания и данные от программы ИМ, выделив их в само-

стоятельный элемент системы моделирования, который может пополняться, модифицироваться, читаться и использоваться независимо от остальных составляющих программного обеспечения. Эта проблема работы со знаниями и схожие с ней рассматриваются в методах искусственного интеллекта, и в частности в инженерии знаний.

Системы, основанные на знаниях, определяются как системы программного обеспечения, главными структурными элементами которых являются база знаний (БЗ), база данных (БД) и механизм логического вывода (рис. 4.8.1) и представляют собой дальнейшее развитие "неалгоритмических" параллельных систем с недетерминированным поведением, в которых отдельные компоненты взаимодействуют друг с другом время от времени и независимо.

Знания обычно представляются в виде фактов, характерных для окружающего мира (т.е. классов объектов и взаимосвязей между ними), процедур и правил манипулирования фактами, а также в виде информации о том, когда и как следует применять правила и процедуры.

Знания представляются в конкретной форме, а имеющаяся БЗ позволяет их легко определять, модифицировать и пополнять. Решение задач осуществляется с помощью логического вывода на основе знаний, хранящихся в БЗ независимо от механизма управления файлами БЗ.

Таким образом, знания – это формализованная информация, на которую ссылаются

или используют в процессе логического вывода при решении стоящей перед исследователем задачи.

С точки зрения ИМ, важным является то, что данные методы позволяют выделять и формализовать знания о ПС и о процессе, протекающем в ней. Эти знания затем могут использоваться при разработке ИМ, а также при синтезе управления. Так как в системах искусственного интеллекта (ИИ) используются знания, полученные от экспертов, то это дает возможность разрабатывать системы управления, моделирующие деятельность человека, и использовать их в процессе принятия решений при моделировании. Как уже отмечалось, ПС в качестве одной из своих особенностей имеет человека в контуре управления, поэтому применение ИИ позволяет создать модель системы управления ПС, адекватную реально существующей.

Еще одно достоинство ИИ – возможность разработки интеллектуального интерфейса для ИМ, что очень важно для обеспечения исследователя гибким и удобным аппаратом.

Применение методов ИИ требует прежде всего рассмотрения функционирования моделируемой системы, определения основных законов и формализации их в одной из форм представления знаний, например, с помощью семантических сетей, продукционных правил, фреймов и т.п.

Помимо фактов и правил необходимая компонента процесса обработки знаний – механизм логического вывода, являющийся управляющей структурой в интеллектуальной системе. Он определяет способ применения знаний и степень достижения поставленной цели. Управляющая структура позволяет решить, какое из формализованных знаний должно применяться следующим. В большинстве реальных ситуаций объем знаний очень велик и при этом возможны различные формы управляющих структур.

В системах ИИ механизм логического вывода является зависимым от способа представления знаний, т.е. для различных формализмов представления знаний применяются различные механизмы логического вывода, поэтому выбор формы представления знаний является в определенной степени первичным при создании интеллектуальных систем. Здесь следует учитывать такие факторы, как однородность представления и простоту понимания знаний. Однородное представление приводит к наиболее простому механизму логического

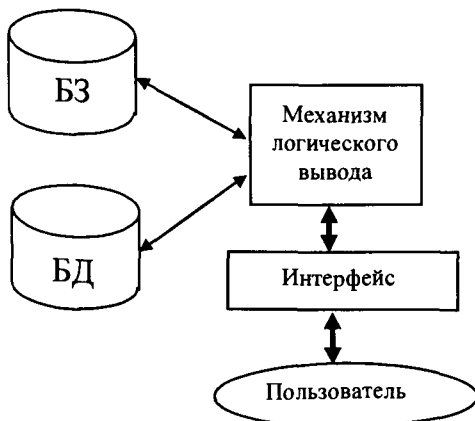


Рис. 4.8.1. Простейшая структура интеллектуальной системы

вывода и большей простоте управления БЗ. Однако при формализации знаний даже для простых задач, а тем более для сложных, это требование выполнить сложно.

Цели при использовании методов ИИ при имитационном моделировании:

1) выйти за рамки алгоритмического (жесткого) подхода в процессе принятия решений при моделировании, чтобы можно было автоматизировать ту часть процесса ПС, где используются знания человека;

2) сделать процесс моделирования максимально гибким по способам представления информации о моделируемой системе.

При проектировании модели представления знаний следует учитывать такие факторы, как однородность представления и простота понимания. Однородное представление приводит к упрощению механизма управления логическим выводом и упрощению управления знаниями.

Представление знаний должно быть понятным экспертам и пользователям системы. Типичные модели представления знаний:

- логическая модель;
- модель, основанная на использовании правил (продукционная модель);
- модель, основанная на использовании фреймов;
- модель семантической сети.

Из существующих моделей представления знаний далее рассмотрим лишь модели, основанные на использовании правил (продукционные модели) и на использовании фреймов. Эти две нотации условно можно соотнести с поверхностными и глубинными знаниями, используемыми человеком при принятии решений.

4.8.2. МОДЕЛИ, ОСНОВАННЫЕ НА ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛАХ

Продукционные модели интересуют нас своей открытостью и гибкостью, что позволяет легко формализовать знания, накапливать их, модифицировать БЗ. Продукции легки для восприятия человеком и чаще всего описывают просто эмпирические ассоциации (взаимосвязи) и в этом плане относятся к "поверхностным" знаниям.

Существует довольно много интеллектуальных систем, использующих продукции: EMYCIN, OPS-5, DELTA, ACE, EXPERT, G2 и другие.

Продукционная система состоит из трех элементов: классов и отношений, правил,

управляющей структуры. Классы и отношения трактуются как "база данных", которая, по существу, содержит декларативные знания. Процедуры представляют собой набор правил (продукционных правил) типа: ЕСЛИ (условие) ТО (действие).

Управляющая структура определяет, какое правило должно быть проверено следующим. Часто управляющую структуру называют интерпретатором правил. "Условие" – это проверка состояния БД, а "действие" некоторым образом изменяет содержание БД. Если "условие" правила на активном состоянии БД (текущая ситуация в ПС) истинно, то может быть выполнено действие данного правила, что приводит к изменению БД.

В большинстве реальных ситуаций количество необходимых правил очень велико, и при этом возможны различные формы управляющих структур. Правила можно выбирать последовательно или же некоторое подмножество правил может быть применено для выбора следующего правила (такие подмножества мыслятся как *правила более высокого уровня*, или *метаправила*).

Правила могут быть расположены в БЗ в разной последовательности. Обеспечив тщательность определения правил, можно вводить новые функции в программу просто путем добавления соответствующих правил. Но сконструировать систему независимых от порядка правил не так просто. Для этого условие оператора ЕСЛИ должно быть единственным для каждого правила. При большом количестве правил удовлетворить такое требование очень трудно.

Опишем с помощью продукционных правил события в транспортной системе с одним роботом. Изменения состояния системы происходят в моменты времени, когда приходят новые палеты, либо когда робот оканчивает обслуживание клиента.

Правило 1.

ЕСЛИ: 1) Палета прибыла

И 2) Робот свободен

ТО: 1) Перевести робота в состояние "занят".

Правило 2.

ЕСЛИ: 1) Палета прибыла

И 2) Робот занят

ТО: 1) Число ожидающих в очереди увеличить на единицу.

Правило 3.

ЕСЛИ: 1) Робот закончил обслуживать палету

И 2) Число ожидающих в очереди не равно нулю

ТО: 1) Число ожидающих в очереди уменьшить на единицу.

Правило 4.

ЕСЛИ: 1) Робот закончил обслуживать палету

И 2) Число ожидающих в очереди равно нулю

ТО: 1) Перевести робот в состояние "свободен".

Вывод выполняется в виде цикла "понимание – выполнение", причем в каждом цикле выполняемая часть выбранного правила обновляет базу данных (рис. 4.8.1). В результате содержимое базы данных преобразуется от первоначального к целевому, т.е. целевая система синтезируется в базе данных. Иначе говоря, для системы продукции характерен простой цикл выбора и выполнения (или оценки) правил, однако из-за необходимости периодического сопоставления с образцом в базе правил (отождествлением) с увеличением числа правил замедляется скорость вывода.

Достоинствами систем продукции можно считать: простоту создания и понимания отдельных правил; простоту пополнения и модификации; простоту механизма логического вывода, а недостатками: неясность взаимных отношений

правил; сложность оценки целостного образа знаний; крайне низкую эффективность обработки; отличие от человеческой структуры знаний; отсутствие гибкости в логическом выводе.

Для ИМ основным недостатком системы продукции является отсутствие времени, т.е. система описывает статический мир.

Логический вывод в системах продукции может быть прямым, обратным и встречным.

1. Прямой вывод.

Правила в своей условной части содержат либо одиночные условия, либо несколько условий, соединенных логическим "И".

Рассмотрим пример прямого вывода.

Пусть в БЗ всего два правила.

Правило 1.

ЕСЛИ "цель – изготовление"

И "деталь – тело вращения"

ТО "использовать токарный станок"

Правило 2.

ЕСЛИ "изготавливается – втулка"

ТО "деталь – тело вращения"

В рабочую память (исходное состояние БД) записаны условия "цель – изготовление" и "изготавливается – втулка". Система рассматривает возможность применения правил. Сначала сопоставляются образцы из условий правил с образцами в рабочей памяти. Если все образцы правила имеются в рабочей области, то условная часть считается истинной, в противном случае – ложной.

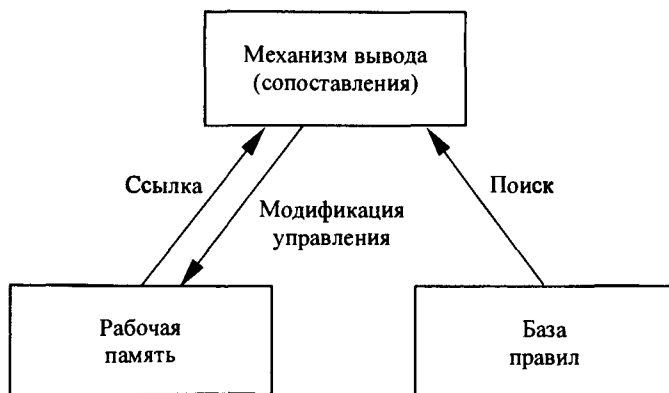


Рис. 4.8.2. Вывод в системе продукции

Для правила 1 условная часть ложна, а для 2 – истинна. Механизм вывода применяет правило 2 и в рабочую память заносится заключительная часть правила "деталь – тело вращения". При вторичной попытке применить правила получается, что можно использовать лишь правило 1, так как правило 2 уже было из числа кандидатов на использование. Так как правило 1 стало истинным, то содержимое рабочей памяти пополняется образцом из его правой части "использовать токарный станок". В итоге в БЗ правил, которые можно применить, не осталось, и система останавливается. Для получения вывода извлекались предварительно записанные в рабочую память образцы.

2. Обратный вывод.

Если на основании фактов, требующих подтверждения, чтобы выступить в роли заключения, используется возможность применения правила, пригодного для подтверждения, такой вывод называется обратным.

Так, допустим, что цель – это "использовать токарный станок". Исследуем сначала возможность использования правила 1, подтверждающего этот факт. Поскольку образец "цель – изготовление" уже занесен в память, то для достижения цели достаточно подтвердить факт "деталь – тело вращения". Если его принять за новую цель, то применимо правило 2.

Для обратных выводов характерна тенденция к исключению из рассмотрения правил, не имеющих прямого отношения к заданной цели, что позволяет повысить эффективность вывода. Условия остановки здесь очевидны: либо достигается исходное состояние БД, либо кончаются правила, применяемые при достижении цели в процессе вывода.

При встречном выводе движение идет с двух сторон – от исходного состояния БД к

цели и от цели к текущему состоянию БД. Остановка вывода осуществляется, когда происходит встреча. Данный метод может сократить время вывода за счет сужения пространства поиска, но может сложиться ситуация, когда прямая и обратная волны вывода не встречаются, и тогда мы реализуем оба типа вывода – прямой и обратный в полном объеме.

В приведенных примерах на каждом этапе вывода можно было применить лишь одно правило, и поэтому проблем не возникало. В общем случае таких правил может быть несколько, и тогда возникает проблема выбора подходящего из них.

На практике в системах продукции из-за необходимости вводят связь И в условной части правила с вычислениями на основании содержимого рабочей памяти. Графически такие правила можно представить в виде графа с древовидной структурой (рис 4 8 3).

Если существует множество правил, из которых выводится одно и то же заключение, то выполнив операцию ИЛИ над всеми заключениями, получаемыми с помощью этих правил (так как выполнение любого из них дает нужное заключение), можно показать отношение между результатом отдельного вывода и данными, на основании которых делается вывод.

Если в таком виде представить отношения между всеми правилами в системе, то всю систему продукций можно представить в виде одного графа "И/ИЛИ" (рис 4 8 4). В нижнем узле графа будут располагаться основные системные данные, а в самом верхнем узле – заключения, выводимые системой. Вывод можно представить как совокупность серии правил, поддерживающих отдельное заключение, и данных, на основании которых делается вывод.

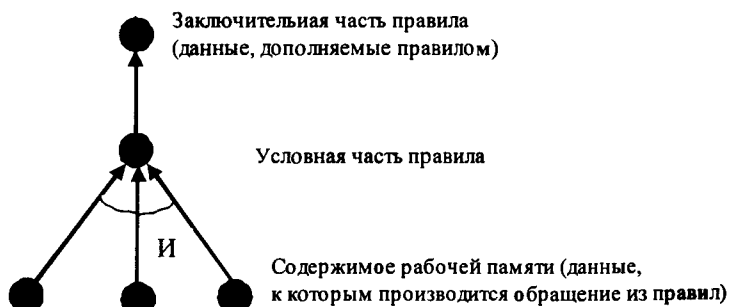


Рис. 4.8.3. Граф "И"

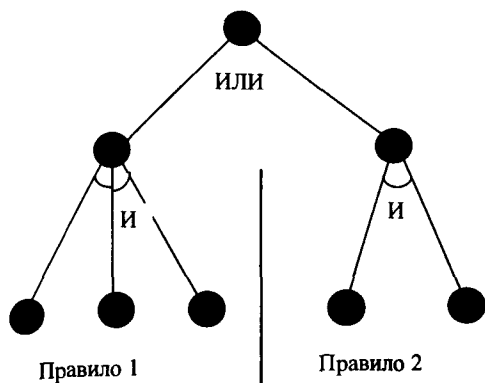


Рис. 4.8.4. Граф "И/ИЛИ"

Обратный вывод можно представить как проблему поиска пути на графе "И/ИЛИ", т.е. для подтверждения одной цели из всех связей ИЛИ, определенных по отношению к узлам графа, соответствующим этой цели, выбирается одна и делается попытка подтвердить все узлы, являющиеся предусловиями этой цели. В случае неудачи выбирается следующая связка ИЛИ и повторяется аналогичная процедура. Если обнаруживается, что хотя бы одна из связок ИЛИ позволяет вывести последнюю цель, то доказательство этой цели считается успешным.

Выбор одной из связок ИЛИ – это, по сути, выбор одного из правил. Определение последовательности оценки связок И, раскрывающих связки ИЛИ, соответствует последовательности оценки условных частей правил.

С точки зрения эффективности вывода важной является организация поиска на графе. Так как часто эффективность зависит от свойств предметной области, то нередко используются эвристические методы.

Для выполнения поиска используются как декларативные знания (классы и отношения), так и процедурные знания (правила и управляющие структуры). Граница между ними очень подвижна. Чем меньше мы декларируем знаний, тем больше процедурных знаний необходимо для вывода и наоборот. В реальных системах эти различия не играют существенной роли.

При нормальных условиях поиск может быть организован на графе "в глубину" или "в ширину" (рис. 4.8.5).

Сначала движемся вдоль самой левой ветви дерева до тех пор, пока не будет удовлетворен запрос или достигнут конец ветви. В последнем случае отступаем в предыдущую точку ветвления и проверяем другие ветви.

Факты в БД довольно часто представляют с помощью триплета ОБЪЕКТ–АТТРИБУТ–ЗНАЧЕНИЕ. В этом случае отдельная субстанция из предметной области рассматривается как один объект и можно считать, что данные, хранимые в рабочей памяти, показывают значения, которые принимают атрибуты этого объекта.

Например данные (станок марка 16K20) показывают факт, что существует некоторый станок и марка этого станка – 16K20. При этом проявляется контекст, в котором применяется правило.

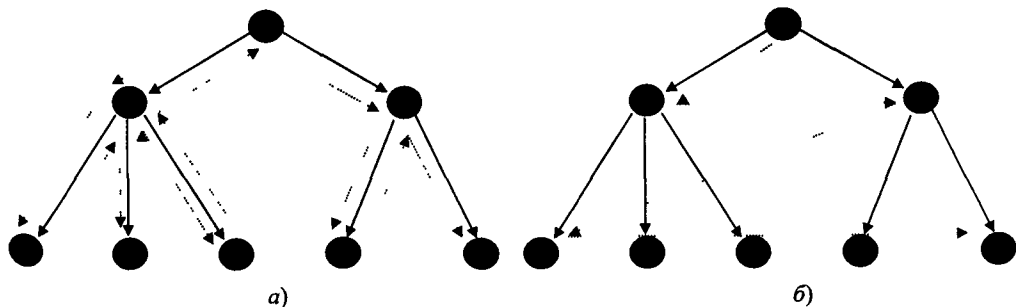


Рис. 4.8.5. Поиск в глубину (а) и ширину (б)

4.8.3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ ФРЕЙМАМИ И ВЫВОД В СИСТЕМЕ ФРЕЙМОВ

Фреймы, хотя и обладают меньшей гибкостью по сравнению с правилами продукций, характеризуются тем, что описывают как единое целое элементы и события, свойственные некоторому объекту или ситуации. В этом отношении, по сравнению с продукционными правилами, фреймы представляют "глубинные" знания, т.е. причинные модели, абстракции, категории и аналогии.

Понятие фрейм было введено М.Л. Минским в 1975г. как сложные структуры данных, описывающие какую-либо типовую ситуацию. Фрейм состоит из позиций, называемых слотами и служащих для размещения объектов, характеризующих данную ситуацию. Слот может быть передан другому фрейму, может содержать информацию о выполняемых действиях или действиях, выполняемых по определенному условию или по умолчанию. Слот может содержать имя другого фрейма или даже программу для ЭВМ. Среди языков представления знаний в сетях фреймов можно указать FRL, KRL, а также фрейм-ориентированные экспертные системы ANALYST, ALTERID, TRISTAN и другие.

Рассмотрим фрейм формализующего понятие "ГПС", с заполненными слотами:

имя: ГПС
тип: МЕХАНООБРАБОТКА
наименование: агрегат (фирма, наименование)
год создания: 1990
завод, где находится: АДРЕС
корпус завода: интервал (производство, цех)
число модулей: агрегат (обработки, склады, мойки, контроля)
производительность: ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ
дата ввода: агрегат (месяц, год)
работоспособность: агрегат (по умолчанию работоспособен)

Таким образом фрейм имеет имя для идентификации описываемого им понятия.

В приведенном примере слот "тип" служит для построения иерархии наследования. Понятие МЕХАНООБРАБОТКА выступает в этом случае как фрейм высокого уровня.

Часть слотов заполнена некими объектами, а не именами. Заполнитель слота может быть именем другого фрейма или константой.

Простейшие из других фреймов: АДРЕС, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ. Это имена других фреймов системы, на которые делается ссылка.

Кроме того, существуют обозначения "агрегат" и "интервал". Обозначение агрегат указывает на то, что должны быть заданы определенные объекты, а обозначение интервал — на то, что должен быть задан один из множества объектов. Обозначения "агрегат" и "интервал", а также "по умолчанию" называются фасетами слота.

Пример фрейма "ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ", относящегося к фрейму "ГПС":

имя: ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

часовой фонд времени: агрегат (штуки в час)

закон распределения: агрегат (математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение)

загрузка оборудования:

агрегат (оборудование, загрузка)

вычислить ((загрузка) (оборудование))

Здесь иллюстрируется понятие "процедурное присоединение", которое дает возможность вставлять во фреймы обычные программы. Мы видим процедурный заполнитель: **вычислить ((загрузка) (оборудование))**, т.е. должна извлекаться некоторая процедура, которая будет реализована с использованием информации, содержащейся в системе фреймов в качестве данных для вычисления.

Для представления общих понятий в определенной предметной области фреймы обычно организуются в сети. Таким образом обеспечивается запись общих понятий, но остается нерешенной проблема представления информации, относящейся к некоторому индивидууму. Стандартный прием заключается в том, что берутся соответствующие части системы и фиксируются значения для слотов, относящихся к конкретному индивидууму. Например:

имя: FMS R 400

тип: МЕХАНООБРАБОТКА

наименование: AST-B, ГПС тел вращения

год создания: 1990

завод, где находится: адр-1

корпус завода: механическое, цех номер 2

число модулей: 6 обработки, 1 склад, 1 мойка, 0 контроля

производительность: производительность-1

дата ввода: 02.1990

работоспособность: работоспособен.

Здесь адр-1, производительность-1 – это имена фреймов общего вида, служащих для идентификации сведений о конкретном ГПС.

Теорию фреймов следует отнести скорее к теории постановки задач, чем к результативной теории. Она существенно повышает уровень и детализирует механизм памяти человека, выводов, понимания и обучения. Фреймовые системы связаны с информационно-поисковыми сетями. Если фрейм-кандидат не соответствует текущей проблеме, такая сеть задаст другой фрейм. Подобный процесс согласования управляется информацией, дополняющей фрейм.

Фреймовая система – это иерархическая структура, узлами которой являются подобные фреймы. Главной особенностью применения языка фреймов для представления знаний служит простота написания программ для решения интеллектуальных задач.

Управление выводом представлено на рис. 4.8.6.

В системе присоединенная процедура запускается при передаче сообщения. Поскольку механизм вывода так же реализован, как присоединенная процедура, то он запускается при передаче сообщения в специальный фрейм.

Несмотря на то, что фрейм может включать процедурные знания, он не формализует динамику объекта и поэтому с его помощью нельзя описать поведение сложной системы.

Теория фреймов "носит довольно абстрактный характер" и служит для систематизации в единую модель знаний предметной области, по аналогии образной памяти человека. Эти свойства служат причиной того, что фреймовое представление знаний чаще всего используется совместно с продукционным или каким-либо другим (например, AL/X, LOOPS, MRS, FMS). В частности, фреймы могут использоваться в качестве БД продукционной системы, так как позволяют эффективно описывать сложные понятия и явления реального мира в одном информационном объекте.

4.8.4. МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРАВИЛА

Одним из главных достоинств имитационного моделирования при анализе ПС по отношению с другими методами является описание динамического поведения ПС, изменяющейся во времени. Различные события в реальных ПС, будь они запланированы или случайны, происходят в течение некоторого периода времени. В ИМ все эти события должны происходить в некотором модельном времени, то есть в модели должен быть таймер и система имитации должна автоматически отслеживать время. Если ИМ создается как интеллектуальная, то знания о процессе в ПС также должны как-то отражать его временные характеристики, то есть динамику процесса.

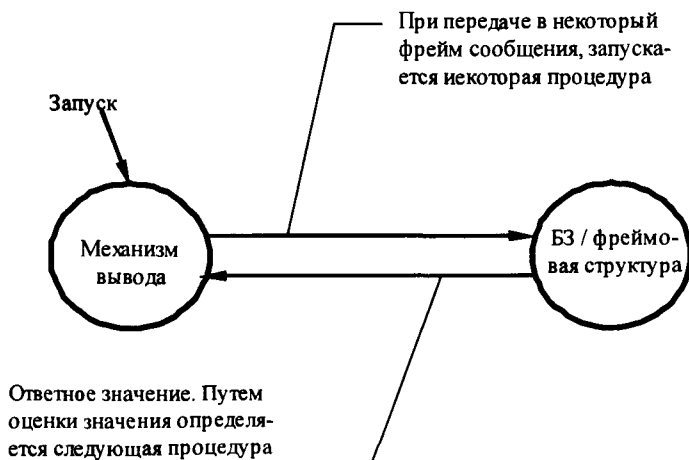


Рис. 4.8.6. Управление выводом в системе фреймов

В ПС параллельно выполняется большое количество действий. Эти действия совершаются над элементами ПС и с использованием элементов ПС. Помимо того, что все действия в ПС длятся определенное время, они, как правило, не являются независимыми и оказывают влияние друг на друга.

Множество действий, использующее разные элементы ПС, протекает параллельно и не влияет друг на друга. Другое множество использует одни и те же элементы ПС и эти действия не могут протекать независимо. Взаимосвязь действий по участвующим в них элементам ПС имеет различный характер. Часть действий, переводя элементы ПС в требуемое состояние, обуславливает возможность начала других, в этом случае действия должны быть упорядочены по времени. В другом случае некоторые действия по своему завершению должны освободить элементы ПС, без которых не могут начаться другие действия.

Особо следует отметить влияние случайных событий на протекание действий. Если случайное событие происходит в промежутке между событиями начала и окончания действия и затрагивает элементы ПС, занятые в этом действии (например, переводя их в нерабочее состояние из-за поломки), то последнее может быть прервано, завершиться не так, как планировалось, или не тогда, когда планировалось. В этом смысле очень важно, как во времени расположены относительно друг друга действия и случайные события.

Важным является то, что все события происходят в определенные моменты времени и влияют друг на друга. Поэтому при наступлении любого из них в ИМ должно приниматься решение о дальнейшем проведении имитации на основе знаний о процессе моделируемой ПС и решаемой задаче.

В работах по ИИ производственные системы рассматриваются без учета стохастических событий ("статический мир"), в этом случае время исключается из рассмотрения и описывается только логическая взаимосвязь действий. При этом предполагается, что изменение параметров совершается один раз за действие:

ЕСЛИ (условие) **ТО** (действие).

Такого представления вполне достаточно для работы экспертной системы (ЭС) или советующих систем, системы принятия решений в реальном масштабе времени и др., но не для целей имитационного моделирования.

Так, приведенные выше правила не позволяют определить временную последовательность событий в системе, а лишь описывают, что необходимо делать при наступлении определенного состояния в системе. При таком представлении теряется возможность моделирования случайных событий приходов палет и окончания их обслуживания, определения моментов окончания действий, становится невозможным управление процессом имитации без введения специальных механизмов упорядочения событий.

Для использования знаний о событиях при имитации, правила должны быть дополнены временными характеристиками событий. Сделаем это, например, следующим образом:

Правило 1.

ЕСЛИ: 1) Палета прибыла

И 2) Робот свободен

ТО: 1) Перевести робот в состояние "занят"

И 2) Спланировать событие "прибытие палеты" в момент времени, равный текущее время плюс время между прибытием палет

И 3) Спланировать событие "окончание обслуживания" в момент времени, равный текущее время плюс время обслуживания.

На первом шаге работы модели данное правило генерирует прибытие первой палеты и занятие робота ее обслуживанием. Для генерации должен использоваться датчик случайных чисел, обеспечивающий программное получение последовательности псевдослучайных чисел с заданным законом распределения. Спланированные будущие события должны быть помещены в список будущих событий.

Правило 2.

ЕСЛИ: 1) Палета прибыла

И 2) Робот занят

ТО: 1) Число ожидающих в очереди увеличить на единицу

И 2) Спланировать событие "прибытие палеты" в момент времени, равный текущее время плюс время между прибытием палет.

Правило 3.

ЕСЛИ: 1) Робот закончил обслуживать палеты

И 2) Число ожидающих в очереди не равно нулю

ТО: 1) Число ожидающих в очереди уменьшить на единицу

И 2) Спланировать событие "окончание обслуживания" в момент времени, равный текущее время плюс время обслуживания.

Правило 4.

ЕСЛИ: 1) Робот закончил обслуживать палеты

И 2) Число ожидающих в очереди равно нулю

ТО: 1) Перевести робот в состояние "свободен".

При использовании приведенных производственных правил для имитации, моделирующий алгоритм должен обеспечивать согласование событий в модельном времени, и поэтому, даже используя эти знания о процессе в транспортной системе ПС, он мало чем будет отличаться от традиционных, имеющих механизмы организации и поддержки списков текущих и будущих событий.

Поэтому для целей интеллектуального моделирования, т.е. моделирования динамики ПС на основе знаний о протекающих в них процессах (описания закономерностей "динамического мира"), предлагается модифицировать понятие правила продукции, введя его следующим образом:

ЕСЛИ (условие) **ТО1** (событие 1)

ЖДАТЬ (временной интервал) **ТО2** (событие 2)

Здесь "событие 2" наступает через некоторый интервал времени, который может зависеть от многих обстоятельств, связанных с состоянием элементов ПС, случайных событий, состава протекающих действий и др. Если в течение указанного временного интервала происходит нерегулярное событие, затрагивающее релевантные данному событию ресурсы, то "событие 2" может не наступить или наступить в другой момент времени.

Для создания ИМ работы транспортной системы с одним роботом, формализуем наши знания о процессе, используя модифицированные продукции:

Правило 1.

ЕСЛИ: Палета прибыла

ТО1: Число ожидающих в очереди увеличить на единицу

ЖДАТЬ: Время, равное случайному интервалу между приходами палет

ТО2: Прибыла следующая палета.

Это правило имитирует приход палет и постановку их в очередь через случайные интервалы времени, генерируемые датчиком случайных чисел с заданным законом распределения. Палеты ставятся в очередь не зависимо от

того, свободен или занят робот. Если робот в момент прихода палеты свободен, то время ее нахождения в очереди будет равняться нулю.

Правило 2.

ЕСЛИ: 1) Число ожидающих в очереди не равно нулю

И 2) Робот свободен

ТО1: 1) Перевести робот в состояние "занят"

И 2) Число ожидающих в очереди уменьшить на единицу

ЖДАТЬ: Время обслуживания

ТО2: Перевести робот в состояние "свободен".

Предусловие второго правила принимает значение ИСТИНА в том случае, когда очередь не пуста и робот свободен или закончил обслуживание очередной палеты. Время обслуживания также случайная величина с заданным законом распределения и генерируется датчиком случайных чисел. Обращение к датчику случайных чисел осуществляется всякий раз, когда инициализируется данное модифицированное производственное правило.

С данными правилами может работать механизм логического вывода интеллектуальной системы, не зависящий от содержания производственных правил, а лишь использующий одну из стратегий поиска, рассмотренных выше.

Глава 4.9**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДА "РЕСУРСЫ–ДЕЙСТВИЯ–ОПЕРАЦИИ"**

Появление языка моделирования – РДО (ресурсы–действия–операции) связано с таким перспективным направлением развития инструментальных средств, как использование искусственного интеллекта. Известно, что интеллектуальные системы обладают большой гибкостью и универсальностью и могут имитировать деятельность человека. Язык РДО служит для решения рассмотренных выше проблем ИМ и обеспечения исследователя и проектировщика сложных систем новыми возможностями.

Язык РДО использует модифицированные правила продукции для описания дискретных систем и процессов. В работах по искусственному интеллекту производственные системы рассматривают без учета стохастических событий и динамики процессов (статический мир), в этом случае время исключается из рас-

смотрения и описывается только логическая взаимосвязь действий. При этом предполагают, что изменение состояния совершается один раз за действие. Однако при таком представлении теряется возможность моделирования нерегулярных событий, определения моментов окончания действий, становится невозможным управление в реальном масштабе времени (диспетчирование) и имитационное моделирование.

Введенная в РДО-методе модификация позволяет устранить эти недостатки, сохраняя в то же время известные преимущества продукционных систем: универсальность (возможность описания широкого класса ПС применительно к различным задачам исследования), гибкость (простота настройки на конкретную ПС), независимость формата продукционного правила и механизма поиска решений от физического смысла представляемых знаний, модульность (продукционные правила независимы друг от друга, что позволяет вводить или удалять правило из базы знаний, не затрагивая остальные), соответствие процедурного характера описания знаний в продукционных системах дискретным процессам, имеющим место в ПС, что позволяет естественно использовать их для построения последовательности некоторых действий (плана).

Основные положения РДО-метода можно сформулировать следующим образом:

- Все элементы ПС представлены как ресурсы, описываемые некоторыми параметрами. Ресурсы могут быть разбиты на несколько типов, каждый ресурс определенного типа описывается одними и теми же параметрами.

- Состояние ресурса определяется вектором значений всех его параметров, состояние ПС – значением всех параметров всех ресурсов.

- Процесс, протекающий в ПС, описывается как последовательность целенаправленных действий и нерегулярных событий, изменяющих определенным образом состояния ресурсов, действия ограничены во времени двумя событиями: событиями начала и конца.

- Нерегулярные события описывают изменения состояния ПС, непредсказуемые в рамках продукционной модели системы (влияние внешних по отношению к ПС факторов либо факторов, внутренних по отношению к ресурсам ПС). Моменты наступления нерегулярных событий случайны.

- Действия описываются операциями, которые представляют собой модифицированные продукционные правила, учитывающие временные связи. Операция описывает условия, которым должно удовлетворять состояние участвующих в операции ресурсов, и правила изменения состояния ресурсов в начале и конце соответствующего действия.

- Множество ресурсов R и множество операций O образуют модель ПС.

Модель ПС в РДО-методе представляет собой динамическую продукционную систему. Базой данных (БД) этой продукционной системы является множество ресурсов R , базой знаний (БЗ) – множество операций O . Адаптация к конкретной ПС заключается в формализованном описании ресурсов и операций на некотором языке и введении их в БД и БЗ.

При управлении ПС в реальном масштабе времени система диспетчирования определяет моменты начала необходимых действий на основе модели ПС, а моменты окончания действий и наступления нерегулярных событий являются откликом реального объекта. Система диспетчирования ПС соответствует модулю вывода динамической продукционной системы.

Добавляя к динамической продукционной системе аппарат событий, получаем **имитационную модель ПС**. Здесь моменты окончания действий определяются блоками имитации элементов ПС, а моменты наступления нерегулярных событий – блоком имитации нерегулярных событий. Кроме указанных элементов система моделирования включает в себя подсистему сбора показателей Q , служащих для сбора результатов и их первичной обработки.

Базовая структура интеллектуальной системы на основе РДО-метода, будь то экспертная система, интеллектуальный имитатор или система другого назначения – это БЗ, БД и механизм логического вывода.

4.9.1 ОПИСАНИЕ РЕСУРСОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрим объекты ПС, воспользовавшись концептуальной основой объектного подхода. Главной проблемой здесь является выбор достаточного множества абстракций для заданной предметной области. Любой объект представляется как модель существенных сторон предметной области и идентифицируется в соответствии с анализируемой проблемой или

задачей. Он задается набором свойств и назначением каждому из этих свойств переменной.

С Шлеер и С Меллор приводят следующие категории, к которым относятся большинство объектов, с которыми мы сталкиваемся

- реальные объекты – абстракции фактического существования некоторых предметов в физическом мире (порт, завод, автомобиль и т.п.),

- роли – абстракции цели или назначения человека, части оборудования, организации (клиент парикмахерской, рабочий, раскладка деталей по ячейкам склада и т.п.),

- инциденты – абстракция чего-то происшедшего или случившегося (приход клиента, поставка холодильников на склад),

- взаимодействия – объекты, получаемые от отношений между другими объектами (соединение теплотрассы, перекресток улиц),

- спецификации – используются для представления правил, стандартов, критериев качества (технологический процесс, характеристика очереди)

П Коуд и Е Йордан предлагают еще некоторые источники потенциальных объектов

- структура – взаимосвязь по составу и номенклатуре,

- другие системы – внешние системы, с которыми взаимодействует прикладная область,

- приборы – приборы, работающие в прикладной области,

- запомненные события – прошедшие события, которые надо учитывать,

- разыгрываемые роли – роли, в которых находятся пользователи,

- местоположение – физическое расположение,

- организации – группы, к которым принадлежат пользователи

ПС на концептуальном уровне представим как множество некоторых ресурсов, взаимодействующих между собой. Ресурс – это элемент ПС, внутренней структурой которого можно пренебречь, в то время как наличие и свойства его как целого важны для целей описания. В зависимости от поставленной задачи ресурсом может быть любая часть системы. Так, для производственной транспортной системы, осуществляющей перемещение грузов внутри цеха, ресурсами могут быть транспортные роботы, тогда как при описании самого цеха в качестве ресурса можно рассматривать транспортную систему как целое.

Примерами ресурсов в ПС являются человек, оборудование, транспортные средства, группа людей, партии изделий, склады и другие физически существующие объекты рассматриваемой ПС. Помимо указанных могут вводиться в рассмотрение в качестве ресурсов различного рода абстракции, такие как система, роли, пространство состояний и т.п.

Каждый ресурс в модели ПС должен получить уникальное имя, отличающее его от других ресурсов. Имя желательно давать ресурсу таким образом, чтобы оно идентифицировало его назначение и взаимосвязь с другими ресурсами. Так, для ресурса очередь в транспортной системе можно дать имена Очередь и Очередь_Палет, из которых второе является предпочтительным. Это связано с тем, что второе имя в большей степени отражает специфику именно моделируемого объекта, а не любого объекта с очередью. Если ресурсов много, то имеет смысл в имя ввести порядковые номера. Например, если в транспортной системе имеется три конвейера, то можно им дать следующие имена Конвейер_1, Конвейер_2 и Конвейер_3. Помимо получения имени каждый ресурс ПС в модели должен быть описан.

Ресурсы могут быть двух видов – *постоянные* и *временные*. Постоянные ресурсы всегда присутствуют в системе (станок, склад, транспортные устройства, рабочий и т.п.). Временные ресурсы поступают в ПС и покидают ее в процессе функционирования, они могут быть результатом работы ПС (партия деталей, выпускаемых цехом или хранящихся на складе, наладчик, периодически налаживающий оборудование в цеху, комплект инструмента необходимый для определенной работы и т.п.).

Все ресурсы ПС образуют некоторое множество

$$R = \{r_i / i = 1, \dots, N(t)\},$$

где r_i – i -й ресурс ПС, а $N(t)$ – число ресурсов в ПС в данный момент времени.

Каждый ресурс описывается множеством его параметров. Параметры могут быть трех различных типов

- описательные, представляющие факты, внутренне присущие каждому ресурсу,

- указывающие, используемые для дачи имени или обозначения ресурса. Они часто используются как идентификаторы ресурсов,

- вспомогательные, используемые для связи различных ресурсов, накопления статистики, графического вывода при имитации и т.п.

Например, параметрами ресурса Станок могут быть параметры с именами Состояние и Расположение. Параметры могут принимать значения из некоторого непустого множества значений S (счетного или несчетного), в общем случае различного для каждого параметра. Например, параметр с именем Состояние ресурса с именем Станок, для модели производственного участка, может принимать четыре значения: "Свободен", "Занят", "Наладка" и "Обработка".

Часть параметров ресурса изменяется в процессе функционирования ПС, например, параметр с именем Состояние ресурса Робот, а другие остаются постоянными, например, параметр Число_токарных_станков ресурса Цех_механообработки или параметр с именем Расстояние_станок_конвейер_1 для ресурса с именем Цех_механообработки.

Для постоянных ресурсов характерными являются параметры, идентифицирующие их по работоспособности и налаженности на выполнение определенных действий. Для временных ресурсов важными являются параметры, описывающие месторасположение, уча-

стие в некоторых действиях, частоту появления, степень изменения ресурса и ряд других.

Множество ресурсов можно разбить на несколько непересекающихся подмножеств однотипных ресурсов $R_k \subseteq R$, $k = 1, 2, \dots, K$. Все ресурсы одного типа имеют одни и те же параметры и, что особенно важно, ведут себя одинаковым образом в одинаковых условиях. Каждый ресурс модели ПС должен быть отнесен к какому-либо типу:

$$R = \bigcup_k R_k \quad \text{и} \quad \bigcap_k R_k = \emptyset.$$

Ресурсы, не связанные общностью структуры и поведения, не могут относиться (образовывать) к одному типу.

Например, все роботы в цехе образуют множество ресурсов одного типа, так же, как все конвейеры производственного участка, детали на складе или рабочие на участке (рис. 4.9.1), константы и переменные принадлежат к определенным типам данных в языках программирования. Ресурсы, принадлежащие к одному типу, отличаются друг от друга значениями, которые принимают их параметры.

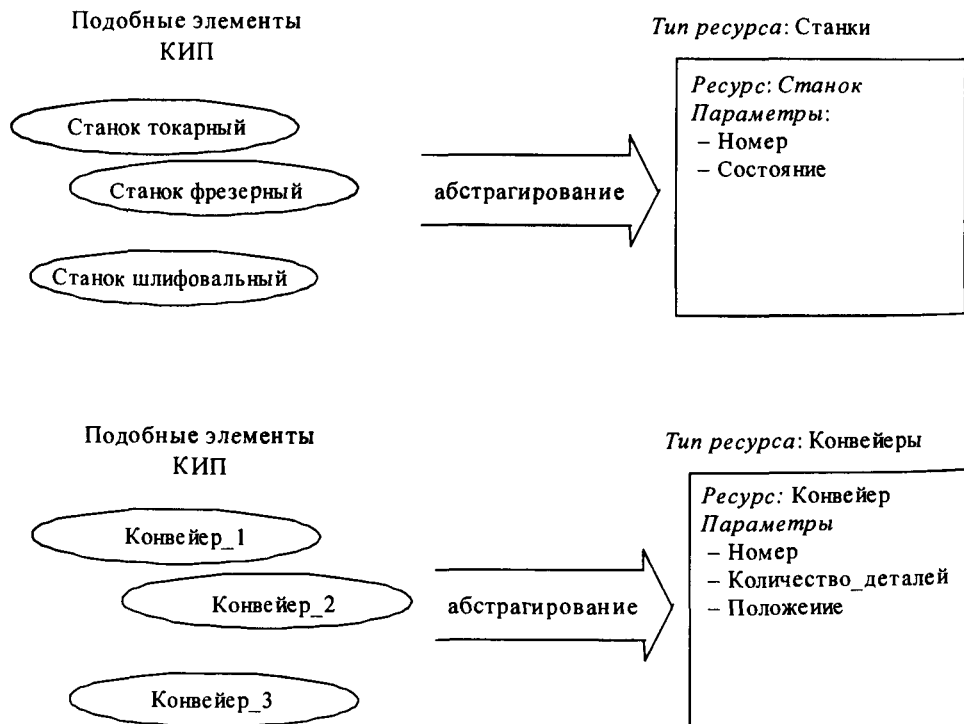


Рис. 4.9.1. Понятие ресурса и типа ресурса

Состояние i -го ресурса $C_i(t)$ в момент времени t будем описывать значениями его параметров.

$$C_i(t) = \{c_{ij}(t) / j = 1, \dots, M_i\},$$

где $c_{ij}(t)$ – значение j -го параметра i -го ресурса, а M_i – число параметров i -го ресурса.

Тогда состояние ПС будем описывать множеством состояний всех ее ресурсов:

$$C(t) = \{C_i(t) / i = 1, \dots, N\}.$$

Ресурсы, принадлежащие к одному типу, наследуют общие свойства этого типа. Отношение наследования может использоваться как для отражения общности ресурсов типа, так и для идентификации ассоциативных связей.

Рассмотрим, например, ресурсы, их параметры и типы для механосборочного роботизированного модуля производственного участка (рис 4.9.2). Модуль является фрагментом гибкой автоматической линии производства

роторов электродвигателей 38 типоразмеров (длиной до 1200 мм, диаметром до 320 мм и массой до 130 кг). Средняя производительность – 21 ротор/ч. Модуль осуществляет роботизированную напрессовку крыльчаток на валы электродвигателей и шлифовку концов валов под подшипники.

В составе участка имеются три конвейера K1, K2 и K3. Будем считать эти конвейеры одинаковыми и имеющими один и тот же тип Конвейеры. Для описания состояния конвейера в простейшей модели достаточно параметра Количество_деталей, который может принимать целочисленные значения в диапазоне от 0 до максимальной вместимости (примем максимальную вместимость равной 6).

Для описания состояния транспортного робота введем два параметра с именами: Занятость и Место. Параметр Занятость может принимать два значения: "Свободен" (робот не выполняет никаких действий) и "Занят" (робот выполняет транспортировку). Параметр Место описывает местонахождение робота и может принимать следующие значения: фиктивное

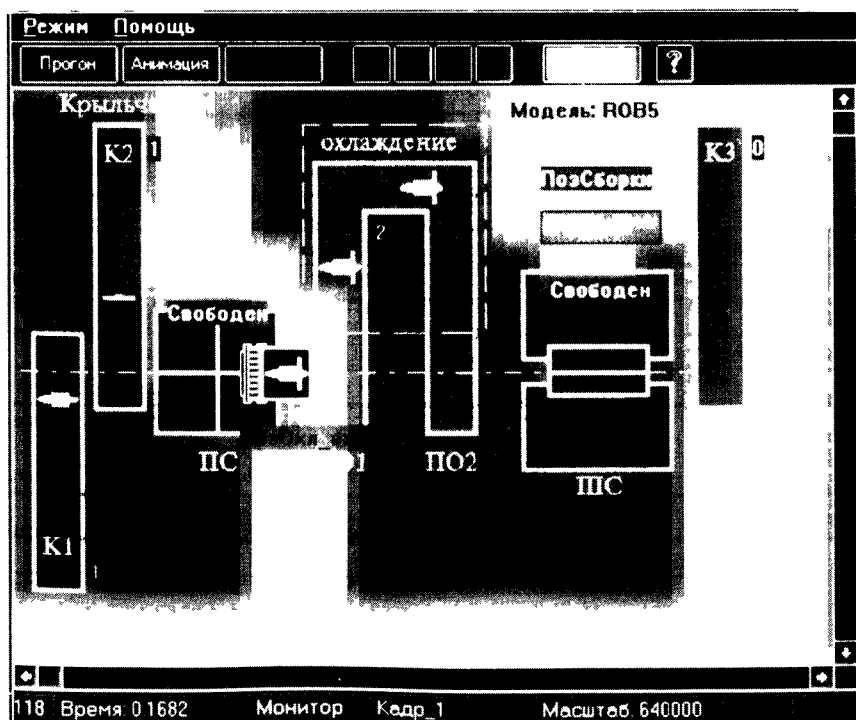


Рис. 4.9.2. Участок сборки роторов электродвигателей

значение "Нет", значения "Конв_1", "Конв_2", "Конв_3" (при этом робот будет находиться у одного из конвейеров), "ПСборки" (робот находится у позиции сборки), "ШСтанок" (робот у шлифовального станка), "ПОхл_вход" и "ПОхл_выход" (робот находится либо у входа, либо у выхода позиции охлаждения; здесь два значения введены потому, что места загрузки и выгрузки позиции охлаждения разделены существенным расстоянием).

Примем для упрощения, что в составе участка имеется один шлифовальный станок, а не два. Состояние шлифовального станка будем описывать двумя параметрами, имеющими имена Занятость и Загруженность. Имеются два значения параметра Занятость: "Свободен" (станок не выполняет никаких действий) и "Занят" (станок выполняет шлифование). Для параметра с именем Загруженность введем следующие значения: "Загружен" (на станке имеется ротор, обработка которого не производится либо не завершена), "Обработано" (на станке имеется ротор, обработка которого завершена), "Разгружен" (на станке ничего нет).

Состояние позиции сборки можно описать аналогично состоянию шлифовального станка за исключением одного нюанса. На

позицию сборки подвозятся две детали – вал и крыльчатка, поэтому необходимо различать состояния, когда на позиции имеется вал и когда имеются обе детали (предполагаем, что всегда сначала подвозится вал, затем крыльчатка). Поэтому для параметра с именем Загруженность введем дополнительное значение "Загружен_вал" (на позиции сборки имеется только вал), а значение "Загружен" будет обозначать, что имеется и вал, и крыльчатка, но сборка либо не производится, либо не завершена.

Для упрощения описания будем считать, что ресурсы ПС и ШС имеют один и тот же тип – Станки. При этом значение "Загружен_вал" параметра Загруженность для шлифовального станка использоваться не будет.

Для описания состояния позиции охлаждения введем параметр с именем Количество_деталей, значение которого есть количество деталей на позиции охлаждения. Очевидно, это значение есть целое число в диапазоне от 0 до максимальной вместимости, которую примем равной 10.

Описание ресурсов и их параметров удобно представить в табличной форме. Итак, в модели участка введено семь ресурсов четырех различных типов (табл. 4.9.1). Параметры ресурсов каждого типа приведены в табл. 4.9.2.

4.9.1. Описание ресурсов

Ресурс	Имя ресурса	Тип ресурса
Конвейер для подачи валов	K1	Конвейеры
Конвейер для подачи крыльчаток	K2	Конвейеры
Конвейер для выдачи роторов	K3	Конвейеры
Транспортный робот	ТР	Роботы
Позиция сборки	ПС	Станки
Шлифовальный станок	ШС	Станки
Позиция охлаждения	ПО	Позиция_охлаждения

4.9.2. Описание параметров ресурсов

Тип ресурса	Параметр	Значения
Конвейеры	Количество_деталей	Целые 0..6
Роботы	1. Занятость	Свободен, Занят
	2. Местонахождение	Нет, Конвейер_1, Конвейер_2, Конвейер_3, ПСборки, ШСтанок, ПОхл_вход, ПОхл_выход
Станки	1. Занятость	Свободен, Занят
	2. Загруженность	Загружен_вал, Загружен, Обработано, Разгружен
Позиция_охлаждения	Количество_деталей	Целые 0..10

Следует особо отметить, что в ресурсах участка отсутствуют временные ресурсы, соответствующие валам, крыльчаткам и готовым роторам электродвигателей, имеющиеся в реальном производстве как физические объекты. Их присутствие косвенно учтено в значениях параметров ресурсов в табл. 4.9.2, что позволяет сделать описание ПС менее громоздким и ясным. В данном случае это можно сделать, если нас не интересуют особенности нахождения в системе каждого конкретного из перечисленных объектов.

4.9.2. ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОБЫТИЙ

Ресурсы взаимодействуют друг с другом в соответствии с определенными закономерностями, выполняя различные действия. Каждое действие связано с изменением состояния ПС. Изменение состояния ПС называют событием. Примерами событий служат начало обработки детали, прибытие партии деталей в цех, поломка станка, невыход рабочего на работу и т.п. Все события должны быть как-то определены и зафиксированы в модели.

Событие в модели – это абстракция инцидента или сигнала в реальном мире, который сообщает о переходе каких-либо объектов в новое состояние. События могут быть внешними по отношению к ПС и принадлежать ей самой, т.е. значение события заключается в некоторой фразе, несущей информацию о том, что произошло в ПС или о том, на что ПС должна реагировать. Примерами внешнего события служит событие прихода партии деталей в цех, а внутреннего события – конец обслуживания станка рабочим-ремонтником.

События в дискретных системах происходят в счетные моменты времени, которые

должны фиксироваться в модели с помощью независимой переменной, в качестве которой чаще всего принимается модельное (системное) время. Эта переменная изменяется дискретно и служит базой для определения различий в наблюдении одного и того же свойства ПС.

Все события каким-либо образом влияют на состояние ПС и это влияние должно быть зафиксировано в модели. Поэтому событие можно рассматривать как сигнал, передающий данные (управление) об определенном состоянии ПС для некоторого действия, которое может либо начаться, либо завершиться (события начала и окончания). Следовательно, можно дать еще одно определение события, определив его как неделимое элементарное действие в том смысле, что оно не имеет протяженности во времени.

Все события делятся на регулярные и нерегулярные.

Регулярными называют события, вызываемые штатным функционированием ресурсов. Изменения в системе при совершении регулярного события можно формализовать, поскольку они отражают логику взаимодействия ресурсов между собой. Регулярные события могут быть частично упорядочены во времени, т.е. для них может быть построена временная диаграмма. Например, при обработке детали последовательно на нескольких станках упорядоченность событий начала и окончания отдельных операций может быть задана временной диаграммой, называемой графиком Ганта (рис. 4.9.3). Событие "Начало операции 2" на втором станке может произойти лишь после обработки детали на первом станке, т.е. лишь после события "Окончание операции 1" (сразу же, как показано на рисунке, или спустя некоторое время).

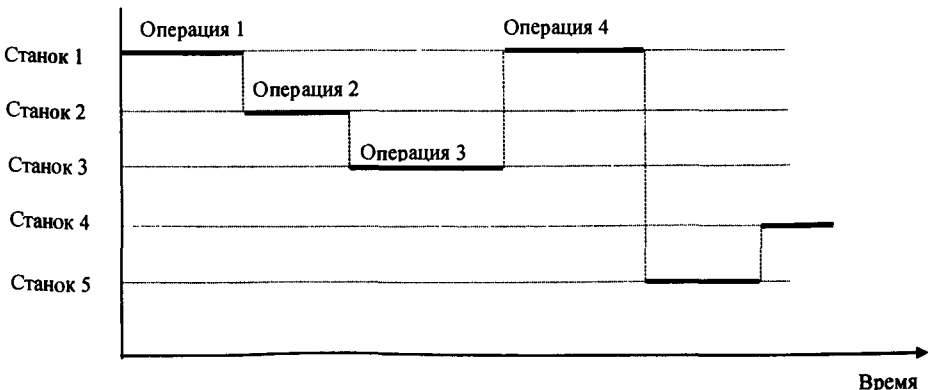


Рис. 4.9.3. Временная диаграмма событий (график Ганта)

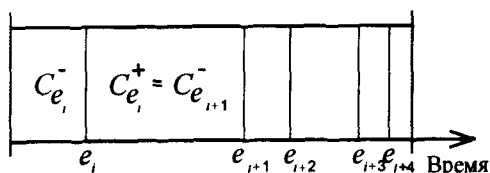


Рис. 4.9.4. События в дискретной системе

Регулярное событие формально представим как некоторое изменение состояния системы и опишем следующим образом (рис. 4.9.4):

$$e = (t_e, C_e^-, C_e^+),$$

где t_e – момент времени свершения события e , C_e^- – состояние ПС до события e , а C_e^+ – состояние ПС после события e .

Так как состояние дискретной системы изменяется только в моменты свершения событий, то оно остается неизменным между событием e_i и событием e_{i+1} , и следовательно имеет место равенство: $C_{e_i}^+ = C_{e_{i+1}}^-$.

Очевидно, что в некотором событии e участвуют не все ресурсы системы, и его наступление приводит лишь к локальному изменению состояния системы. Ресурсы, состояние которых изменяется, называют *релевантными событию e* :

$$R_e = \{r_{ie} / C_i^-(t_e) \neq C_i^+(t_e)\},$$

где r_{ie} – i -й ресурс ПС, релевантный событию e , и $R_e \subseteq R$.

Например, событие "поступление очередной детали на конвейер К1" (конвейер подачи валов) производственного участка затрагивает лишь один ресурс – конвейер К1, а событие "начало транспортировки с конвейера К1 на позицию сборки" имеет релевантные ресурсы: конвейер – К1, транспортный робот – ТР и позицию сборки – ПС.

Выделение ресурсов, релевантных событию, достаточно важный этап описания ПС, так как он некоторым образом формализует взаимодействие ресурсов ПС между собой, отражая структурную и динамическую связь ПС. Выделив релевантные событию ресурсы, получаем возможность при моделировании события рассматривать изменения состояния не всей модели ПС, а лишь некоторой локальной, часто весьма ограниченной ее части. Это упрощает моделирование, умень-

шает объем обрабатываемых данных, делает описание знаний компактным и ясным.

Нерегулярные события происходят либо при нештатной работе ресурсов (поломки, отказы), либо из-за внешних по отношению к системе причин (приход в систему нового временного ресурса, изменение состава постоянных ресурсов при модификации системы и т.п.). В отличие от регулярных событий, нерегулярные носят ярко выраженный стохастический характер и заранее не планируются системой управления. Их возникновение может нарушать синхронизацию регулярных событий, приводить к невозможности их начала или нормального завершения.

Для нерегулярного события $\tilde{e}$ состояние ресурсов до его начала $C_{\tilde{e}}^-$ непредсказуемо. Так как $\tilde{e}$ происходит случайным образом, то оно описывается лишь временем возникновения и состоянием ресурсов после нерегулярного события:

$$\tilde{e} = (t_{\tilde{e}}, C_{\tilde{e}}^+),$$

где $t_{\tilde{e}}$ – время наступления нерегулярного события, а $C_{\tilde{e}}^+$ – состояние системы после наступления нерегулярного события (рис. 4.9.5).

Обозначим через $R^{\tilde{e}}$ ресурсы, релевантные нерегулярному событию (т.е. ресурсы, свойства которых затрагиваются случайным событием). Если часть или все эти ресурсы являются одновременно релевантными событию e_i , которое соответствует началу некоторого действия в ПС, то это действие не может завершиться штатным образом, т.е.

$$C_{e_{i+1}}^- \neq C_{e_i}^+ / (R^{e_i} \cap R^{\tilde{e}} \neq \emptyset) \wedge (t_{e_i} < t_{\tilde{e}} \leq t_{e_{i+1}})$$

и

$$C_{e_{i+1}}^- = C_{e_i}^+ / (R^{e_i} \cap R^{\tilde{e}} = \emptyset) \wedge (t_{e_i} < t_{\tilde{e}} \leq t_{e_{i+1}}).$$

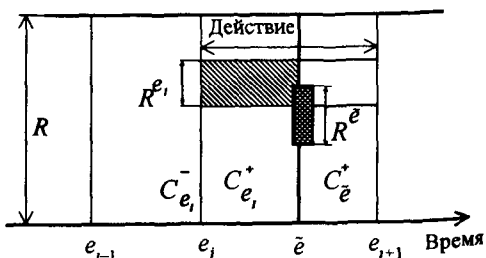


Рис. 4.9.5. Нерегулярное событие

При совершении событий каждый ресурс ПС меняет свое состояние. Изменение состояния некоторого ресурса может быть представлено как модель состояния, которая состоит из множества состояний и множества событий, переводящих ресурс из состояния в состояние. Число состояний ресурса ПС счетно, но может быть бесконечно большим. Например, ресурс с именем Робот может иметь всего два состояния "Свободен" и "Занят". Если для ресурса с именем Склад в качестве параметра используется параметр с именем Хранящийся_продукт, то значение этого параметра меняется каждый раз, когда на склад поступает новая партия хранящегося продукта. Число значений, принимаемых указанным параметром, ограничивается лишь временем рассмотрения ресурса Склад как элемента ПС.

Ресурсы одного типа меняют свое состояние согласно одним и тем же правилам. Поэтому модель состояний является абстрак-

цией поведения всех однотипных ресурсов ПС и однозначно соответствует абстракции "Тип ресурса".

Модель состояний, статичная по своей природе, не обеспечивает процесс имитации необходимыми знаниями, но она полезна на определенном этапе описания ПС, так как позволяет верифицировать разбиение ресурсов на типы и идентифицировать множество событий в системе.

Дискретность системы определяется двумя свойствами:

- состав ПС может быть описан счетным множеством ресурсов, каждый из которых относится к некоторому типу;

- изменение состояния ПС происходит в счетные моменты времени (события) и выполняется соотношение $C_{e_i}^+ = C_{e_{i+1}}^-$.

Приведем в форме таблицы события для модели производственного участка (табл. 4.9.3).

4.9.3. События для модели производственного участка

Событие	Релевантный ресурс	Параметры релевантного ресурса			
		До события		После события	
		Параметр 1	Параметр 2	Параметр 1	Параметр 2
Начало переноса детали с K1 на ПС	K1 ТР ПС	Больше 0 Свободен Свободен	– – Разгружен	Вычесть 1 Занят Свободен	– – Разгружен
Окончание переноса детали с K1 на ПС	K1 ТР ПС	– Занят Свободен	– – Разгружен	– Свободен –	– ПСборки Загружен_вал
Начало переноса детали с K2 на ПС	K2 ТР ПС	Больше 0 Свободен Свободен	– – Загружен_вал	Вычесть 1 Занят Свободен	– – Загружен_вал
Окончание переноса детали с K2 на ПС	K2 ТР ПС	– Занят Свободен	– – Загружен_вал	– Свободен –	– ПСборки Загружен
Начало переноса детали с ПС на ПО	ПС ТР ПО	Свободен Свободен Меньше 10	Обработано – –	– Занят –	Разгружен – –
Окончание переноса детали с ПС на ПО	ПС ТР ПО	– Занят –	Разгружен – –	– Свободен Прибавить 1	Разгружен ПОхл_вход Загружен
Начало переноса детали с ПО на ШС	ПО ТР ШС	Больше 0 Свободен Свободен	– – Разгружен	Вычесть 1 Занят Свободен	– – Разгружен

Продолжение табл. 4.9.3

Событие	Релевантный ресурс	Параметры релевантного ресурса			
		До события		После события	
		Параметр 1	Параметр 2	Параметр 1	Параметр 2
Окончание переноса детали с ПО на ШС	ПО ТР ШС	– Занят Свободен	– – Разгружен	– Свободен –	– Штанок Загружен
Начало переноса детали с ШС на КЗ	ШС ТР КЗ	Свободен Свободен Меньше 6	Обработано – –	Свободен Занят –	Разгружен – –
Окончание переноса детали с ШС на КЗ	ШС ТР КЗ	Свободен Занят –	Разгружен – –	Свободен Свободен Прибавить 1	Разгружен Конвейер_3 –
Начало запрессовывания на ПС	ПС	Свободен	Загружен	Занят	Загружен
Окончание запрессовывания на ПС	ПС	Занят	Загружен	Свободен	Обработано
Начало шлифования на ШС	ШС	Свободен	Загружен	Занят	Загружен
Окончание шлифования на ШС	ШС	Занят	Загружен	Свободен	Обработано

Введя абстракцию события, можно уточнить понятие дискретности системы, охарактеризовав ее двумя свойствами:

- состав ПС может быть описан счетным множеством ресурсов;

- изменения состояния ПС происходят в счетные моменты времени (события) и имеет место соотношение $C_{e_{i+1}}^- = C_{e_i}^+$.

Формализация событий и модели состояний является важным этапом перехода от ПС к ее модели, так как позволяет описать структурную и динамическую связность ПС, но не обеспечивает представления динамики процесса. Для устранения этого положения необходимо рассмотреть взаимодействие событий на множестве ресурсов ПС.

4.9.3. ДЕЙСТВИЯ И ИХ ФОРМАЛИЗАЦИЯ

Ресурсы в процессе функционирования ПС выполняют определенные действия, взаимодействуя между собой. С каждым действием связано два события – его начала и окончания. Так, действие транспортировки роботом пале-

ты с заготовками связано с событиями "Начало обслуживания" и "Окончание обслуживания". Эти события разнесены во времени, причем длительность действия в данном примере является случайной величиной, зависящей от многих причин – вида обслуживания, занятости пути, отключения энергии. Примерами действий для производственного участка служат транспортировка заготовки, обработка детали, переаладка станка и др.

Действие, как правило, представляет собой целенаправленное мероприятие, выполняемое под управлением некоторой подсистемы и направленное на достижение определенной цели. Поэтому действие планируется и может находиться в различных состояниях: запланировано, начато, окончено и прервано по какой-либо причине. При успешном окончании действия считаем, что поставленная цель достигнута.

В ПС присутствует, как правило, большое количество разнообразных действий. Число действий в ПС ограничено только временем рассмотрения системы.

Используя понятие события, целенаправленное действие изменения состояния системы можно описать через события начала и окончания действия:

$$a = \langle e_n, e_k \rangle = \langle t_n, C_n^-, C_n^+, t_k, C_k^-, C_k^+ \rangle,$$

где C_n^-, C_n^+ – состояние системы перед и после наступления события e_n соответственно; C_k^-, C_k^+ – состояние системы перед и после наступления события e_k соответственно; t_n, t_k – время начала и конца действия.

По аналогии с ресурсами, релевантными событию, определим множество ресурсов R^a , релевантных действию a , как объединение множеств ресурсов, релевантных событиям начала и конца действия:

$$R^a = R^{e_n} \cup R^{e_k}.$$

Длительность действия определяется как $\Delta t = t_k - t_n \geq 0$. Действие с нулевой длительностью представляет собой событие. Данное соотношение справедливо, если в течение выполнения действия оно не прерывалось нерегулярными событиями.

Если во время протекания действия a , т.е. на интервале $[t_n, t_k]$ произошло нерегулярное событие $\tilde{e}$, затрагивающее ресурсы действия a , т.е. $R^{\tilde{e}} \cap R^a \neq \emptyset$, то в общем случае дальнейшее протекание действия может оказаться невозможным (например, действие обслуживания роботом прерывается нерегулярным событием поломки из-за замыкания электропроводки). В этом случае результатом действия будет не состояние C_k^+ , а состояние

$C_{\tilde{e}}^+$, определяемое нерегулярным событием $\tilde{e}$ (рис. 4.9.6).

Признаком того, что во время выполнения действия a не произошло нерегулярных событий, связанных с ресурсами, релевантными данному действию a , служит неизменность состояния релевантных ресурсов после начала действия и перед событием его завершения, т.е.

$$C_k^-(R^a) = C_n^+(R^a).$$

Процесс функционирования ПС можно представить как временную последовательность действий и нерегулярных событий (рис. 4.9.6):

$$\Pi = \langle A, \tilde{E}, < \rangle,$$

где A – множество действий; $\tilde{E}$ – множество нерегулярных событий; $<$ – отношение предшествования во времени.

В общем случае, Π описывает параллельно протекающие процессы при ограничениях на количество ресурсов и их состав.

Для регулярного события можно указать алгоритм F преобразования $C^- \xrightarrow{F} C^+$, который определяется закономерностями функционирования ПС. Поэтому действие a можно представить следующим образом (рис. 4.9.7):

$$a = \langle F_n(C_n^-(R^a)), F_k(C_k^-(R^a)), t_n, t_k \rangle,$$

где F_n, F_k – алгоритмы преобразования параметров, описывающих состояние ресурсов при событиях e_n и e_k ; $C_{n,k}^-(R^a)$ – состояние ресурсов, релевантных действию a , до событий начала и конца действия.

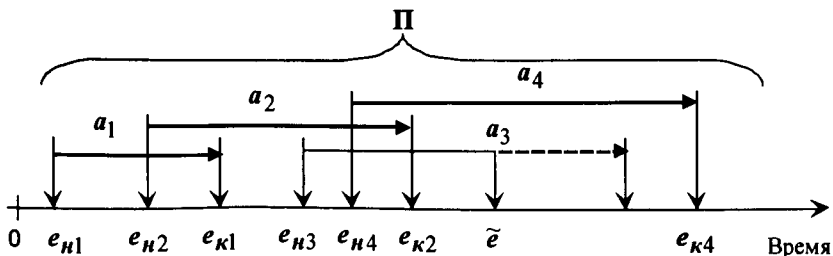


Рис. 4.9.6. Процесс

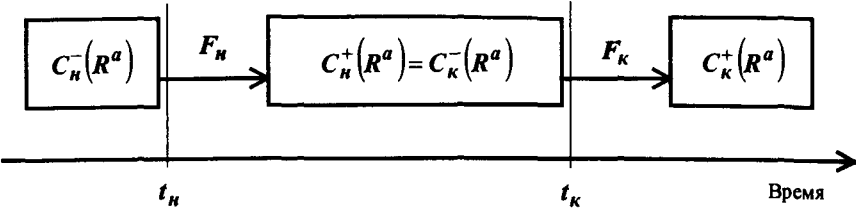


Рис. 4.9.7. Диаграмма выполнения действия

Действие *a* может начаться, если значения параметров его релевантных ресурсов $C_n^-(R^a)$ отвечает некоторому условию. Например, действие обслуживания станка ремонтником может начаться, если имеется сложный станок и рабочий свободен. В противном случае действие начаться не может. Условие начала действия можно представить как некоторое логическое выражение $P(R^a)$, принимающее значения ИСТИНА или ЛОЖЬ (*TRUE*, *FALSE*), в зависимости от текущего состояния релевантных действию ресурсов.

Действие привязано к временной оси: начинается в момент t_n и кончается в t_k . Если в описании действия исключить привязку к временной оси, оставив лишь длительность его выполнения Δt , то получим виртуальное дей-

ствие (возможное). Виртуальное действие может начаться (но не обязательно начнется), если для множества R^v релевантных ему ресурсов выполняется условие $P(R^v) = \text{TRUE}$. Таким образом, виртуальное действие можно представить как:

$$v = \langle P(R^v), F_n(C_n^-(R^v)), F_k(C_k^-(R^v)), \Delta t \rangle.$$

Для роботизированного производственного участка сборки приведем состав виртуальных действий, воспользовавшись табличной формой представления (табл. 9.4.4). В таблице для каждого виртуального действия приведены предусловия по параметрам всех релевантных ему ресурсов и изменения значений параметров этих ресурсов при событиях начала и окончания действия.

4.9.4. Состав виртуальных действий для роботизированного производственного участка

Ресурсы	Предусловие		Начало		Конец	
	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 1	Параметр 2
Действие 1. Перенос детали с K1 на ПС						
K1	Больше 0	–	Вычесть 1	–	–	–
ТР	Свободен	–	Занят	–	Свободен	ПозСборки
ПС	Свободен	Разгружен	–	–	–	Загружен_вал
Действие 2. Перенос детали с K2 на ПС						
K2	Больше 0	–	Вычесть 1	–	–	–
ТР	Свободен	–	Занят	–	Свободен	ПозСборки
ПС	Свободен	Загружен_вал	–	–	–	Загружен
Действие 3. Перенос детали с ПС на ПО						
ПС	Свободен	Обработано	–	Разгружен	–	–
ТР	Свободен	–	Занят	–	Свободен	ПозОхл_вход
ПО	Меньше 10	–	–	–	Прибавить 1	–

Продолжение табл. 4.9.4

Ресурсы	Предусловие		Начало		Конец	
	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 1	Параметр 2
Действие 4. Перенос детали с ПО на ШС						
ПО	Больше 0	–	Вычесть 1	–	–	–
ТР	Свободен	–	Занят	–	Свободен	ШлифСтанок
ШС	Свободен	Разгружен	–	–	–	Загружен
Действие 5. Перенос детали с ШС на КЗ						
ШС	Свободен	Обработано	–	Разгружен	–	–
ТР	Свободен	–	Занят	–	Свободен	Конвейер_3
КЗ	Меньше 6	–	–	–	Прибавить 1	–
Действие 6. Запрессовывание на ПС						
ПС	Свободен	Загружен	Занят	–	Свободен	Обработано
Операция 7. Шлифование на ШС						
ШС	Свободен	Загружен	Занят	–	Свободен	Обработано

Из приведенной таблицы видно, что для виртуального действия "Перенос детали с шлифовального станка на конвейер 3" релевантными ресурсами являются: ШС, ТР, КЗ. Условием начала этого действия будут следующие значения параметров релевантных ресурсов:

1. ШС: Занятость = Свободен (станок не выполняет никаких действий);

Загруженность = Обработано (на станке имеется обработанный ротор).

2. ТР: Занятость = Свободен;

Местонахождение = – (не имеет значение и не проверяется).

3. КЗ: Количество_деталей < 6 (имеется хотя бы одно свободное место).

Виртуальное действие отражает (алгоритмы F_n, F_k и условие $P(R^v)$) логику взаимовлияния ресурсов ПС в процессе функционирования. Всякий раз, когда состояние ПС удовлетворяет условию начала виртуального действия, может произойти действие a , соответствующее данному виртуальному и имеющее определенные времена t_n, t_k , т.е. виртуальное действие описывает, что может произойти в ПС и при каких условиях, а действие – что произошло/происходит/произойдет и в какое время.

Логическое выражение $P(R^v)$ описывает, какому условию $p(c_{ij})$ должно удовлетворять значение каждого параметра релевантного ресурса, чтобы соответствующее виртуальное действие могло начаться. Условие $p(c_{ij})$ можно задавать в виде двухместного предиката:

$$p(c_{ij}) = Q(c_{ij}, \alpha_{ij}),$$

где Q – предикатный символ (отношение больше, меньше, равно и т.д.); α_{ij} – база сравнения; $c_{ij}(t)$ – значение параметра ресурса, т.е. имеет место выражение:

$$P(R^v) = \&_{i=1}^N \left(\&_{j=1}^{M_i} p(c_{ij}(t)) \right).$$

При этом Q и α_{ij} задаются в логическом выражении $P(R^v)$, а $c_{ij}(t)$ берется из базы данных и отражает текущее состояние ПС.

Приведенное выше описание действия позволяет формализовать законы функционирования системы для дальнейшего их использования в ИМ. Однако для этого имеется ряд

препятствий. Во-первых, система, являясь сложной, характеризуется чрезвычайно большим числом действий, отличающихся используемыми ресурсами, временем протекания и т.д. В процессе функционирования системы в ней появляются все новые и новые временные ресурсы и соответствующие действия. Во-вторых, одно и то же действие может выполняться различными ресурсами (взаимозаменяемыми), что еще больше увеличивает размерность задачи.

Выходом из этого положения является констатация того факта, что множество виртуальных действий $V = \{v_q / q = 1, 2, \dots, Q\}$, относящихся к определенной системе, может быть разбито на небольшое число подмножеств действий, имеющих одинаковую природу. Это подмножества, которые составляют, например, действия транспортировки, обслуживания, ремонта и т.д. Виртуальные действия, принадлежащие такому подмножеству $V_j \subseteq V$, имеют одинаковую логику взаимодействия ресурсов и различаются лишь конкретными ресурсами, в них участвующими. Подмножество V_j описывается следующим образом:

$$V_j = \left\langle \Psi, P(R^v), F_n(C_n^-(R^v)), F_k(C_k^-(R^v)), \phi(C_n^-(R^v)) \right\rangle,$$

где Ψ – множество всех возможных множеств R^v релевантных ресурсов, с использованием которых можно выполнить виртуальное действие $v \in V_j$, а $\phi(C_n^-(R^v))$ – длительность выполнения виртуального действия, зависящая от состояния используемых виртуальных ресурсов ПС.

Таким образом, принадлежность виртуальных действий к определенному типу означает, что для них $P(R^v)$, $F_n(C_n^-(R^v))$ и $F_k(C_k^-(R^v))$ одинаковы, т.е. действия одного типа одинаковым образом меняют состояние релевантных ресурсов, требуют одинаковых условий начала по всем ресурсам и отличаются лишь множествами R^v используемых ресурсов и временем выполнения.

Для формального описания логики виртуальных действий, принадлежащих подмножеству V_j , введем понятие операции. Операция o есть формальное описание множества однотипных виртуальных действий:

$$o = \left\langle E(\Psi), P(R^o), F_n(C_n^-(R^o)), F_k(C_k^-(R^o)), \phi(C_n^-(R^o)) \right\rangle,$$

где $E(\Psi)$ – описание множества Ψ ; R^o – множество формальных ресурсов операции.

Операцию o в некотором смысле можно уподобить подпрограмме, в которой $P(R^o)$, $F_n(C_n^-(R^o))$ и $F_k(C_k^-(R^o))$ – условие выполнения и алгоритмы, описанные в формальных параметрах.

При задании фактических параметров получаем из операции виртуальное действие. Для этого на место каждого формального ресурса $r_i \in R^o$ операции o необходимо подставить любой ресурс из некоторого непустого множества однотипных ресурсов.

Операция, следовательно, отражает логику взаимодействия ресурсов системы в процессе функционирования. Всякий раз, когда состояние системы соответствует $P(R^o)$, может происходить действие a , описываемое операцией o , с различными t_n и t_k . Операция описывает, как происходит действие или виртуальное действие и с какими множествами релевантных ресурсов, т.е. что может произойти в ПС при определенных условиях, а действие – что произошло, происходит, произойдет и в какое время.

Приведенное понятие операция может быть представлено как модифицированное правило продукции:

$$\text{ЕСЛИ(условие) ТО1(событие 1)} \\ \text{ЖДАТЬ}(\phi(C_n^-(R^o))) \text{ ТО2(событие 2).}$$

В таком виде описанные операции могут формально представляться фреймом и храниться в БЗ, с целью использования в механизме логического вывода.

Глава 4.10

ПРОДУКЦИОННЫЙ ИМИТАТОР
НА ОСНОВЕ РДО-МЕТОДА

Основу РДО-метода составляют формализмы Ресурсов, Действий и Операций.

Введенная в РДО-методе модификация продукций позволяет устранить недостатки продукционных систем, связанные с их статичностью, сохраняя в то же время известные преимущества продукционных систем: универсальность (возможность описания широкого класса ПС применительно к различным задачам исследования); гибкость (простота настройки на конкретную ПС); независимость формата продукционного правила и механизма поиска решений от физического смысла представляемых знаний; модульность (продукционные правила независимы друг от друга, что позволяет вводить или удалять правило из базы знаний, не затрагивая остальные); соответствие процедурного характера описания знаний в продукционных системах дискретным процессам, имеющим место в ПС, что позволяет естественно использовать их для построения последовательности некоторых действий.

Модель ПС в РДО-методе представляет собой динамическую продукционную систему. Можно указать взаимно однозначное отображение реальной ПС в его информационное

представление в интеллектуальном обеспечении. Основным составляющим ПС, каковыми являются ее элементы, производственный процесс, законы функционирования, соответствуют следующие информационные объекты: ресурсы, действия и нерегулярные события, операции. Из указанных элементов интеллектуального обеспечения, множества ресурсов и операций образуют модель ПС. Производственный процесс ПС – временная последовательность действий и нерегулярных событий.

При управлении ПС в реальном масштабе времени система управления определяет моменты начала необходимых действий на основе модели ПС, а моменты окончания действий и наступления нерегулярных событий являются откликом реального объекта. Система управления ПС соответствует модулю вывода динамической продукционной системы.

Добавляя к динамической продукционной системе аппарат событий, получают имитационную модель ПС. Здесь моменты окончания действий определяются блоками имитации элементов ПС, а моменты наступления нерегулярных событий – блоком имитации нерегулярных событий. Кроме указанных элементов, система моделирования включает в себя подсистему сбора показателей, служащих для сбора результатов и их первичной обработки (рис. 4.10.1).



Рис. 4.10.1. Представление ПС в РДО-методе

Базовая структура интеллектуальной системы на основе РДО-метода, будь то экспертная система, интеллектуальный имитатор или система другого назначения – это БЗ, БД и механизм логического вывода.

Механизм логического вывода обеспечивает интерпретацию знаний и принятие решений, являясь в этом смысле системой управления.

Первичные знания в БЗ закладываются экспертами при создании имитационной модели. Эксперты используют накопленный опыт, стратегии поведения и процедуры, эвристики и пр. Для работы с экспертами служит программный модуль приобретения знаний о моделируемой системе и интерфейс пользователя/эксперта. Кроме рассмотренных составляющих, необходим механизм, позволяющий давать пользователю советы, заключения и другую результирующую информацию.

Для проведения имитационных экспериментов система, основанная на РДО-методе, должна включать в себя модуль имитации нерегулярных событий и средства работы с имитационными моделями.

Структура продукционного имитатора представлена на рис. 4.10.2.

Основными его элементами являются динамическая продукционная система и аппарат событий. Действия инициируются системой вывода, а нерегулярные события имитируются специальным блоком. При имитации

состояние системы изменяется в соответствии с описанием нерегулярного события либо действия, которое началось или завершилось. После любого изменения состояния, т.е. при каждом событии, вызывается система вывода. Она просматривает в БЗ все операции и проверяет по предусловиям, могут ли они начаться. При нахождении таких операций инициируются события начала соответствующих действий. Итак, продукционная система (БД, БЗ и система вывода), система имитации нерегулярных событий и аппарат ведения событий совместно осуществляют построение модели процесса. На основании анализа результатов имитации на этой модели вычисляются различные показатели функционирования системы. Система трассировки выводит подробную информацию о событиях в специальный файл, который затем обрабатывается для детального анализа процесса и представления информации в удобном виде. Система анимации позволяет отображать на экране во время моделирования поведение системы.

РДО-имитатор может быть использован для создания имитационных моделей, систем планирования, игр и тренажеров. Поскольку традиционные продукционные правила являются частным случаем модифицированных, они также могут быть записаны на РДО-языке и использованы в процессе вывода. Это означает, что на РДО-имитаторе реализуются также экспертные системы и гибридные системы,

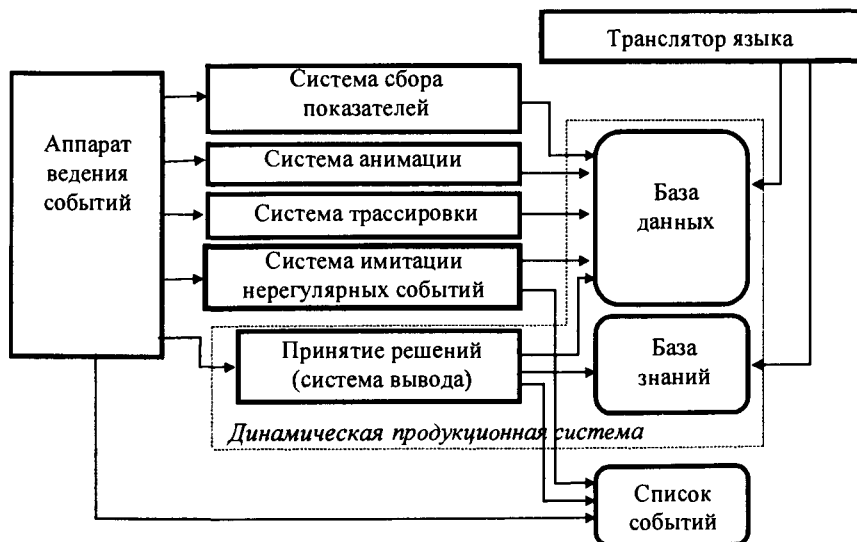


Рис. 4.10.2. Структура РДО-имитатора

включающие экспертные системы, имитационные модели и алгоритмы оптимизации. Непрерывные процессы также могут быть описаны, поскольку формулы интегрирования переменных состояния можно записать в виде модифицированных продуктов. Шаг интегрирования в этом случае есть длительность действия.

Глава 4.11

ЯЗЫК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РДО

При описании конструкций языка используются следующие условные обозначения. Каждое правило записи состоит из одной или нескольких альтернатив (фраз), разделенных вертикальной чертой (|). Фраза состоит из нуля или более элементов. Элемент – это или зарезервированное слово языка (выделяется курсивом), или специальный символ (комбинация), или некоторое метасимвол, заключенное в угловые скобки <>, или другое синтаксическое выражение, заключенное с двух сторон в фигурные, квадратные, круглые скобки. Фигурные скобки указывают на повторение (нуль или более вхождений), квадратные скобки – на допустимость (нуль или одно вхождение), а круглые скобки – на группирование (точно одно вхождение) выражений, в них заключенных.

4.11.1. АЛФАВИТ, ЛЕКСЕМЫ И РАЗДЕЛИТЕЛИ

Алфавит языка содержит следующие символы:

- 0...9 – цифры;
- A...Z, a...z – прописные и строчные латинские буквы;
- A...Я, а...я – прописные и строчные русские буквы;
- специальные символы:
- _ – подстрочный символ;
- \$ – знак денежной единицы;

- : – двоеточие;
- [] – прямые скобки;
- () – круглые скобки;
- { } – фигурные скобки;
- , – запятая;
- +
-
- *
- /
- <
- >
- =
- .
- '
- ~
- #

Лексемы языка состоят из символов, входящих в алфавит языка, и отделяются друг от друга одним или несколькими разделителями. Разделителем является:

- пробел;
- знак горизонтальной табуляции;
- конец строки;
- конец объекта;
- комментарий.

Разделители могут следовать один за другим в любом количестве и сочетании (кроме признака конца объекта).

Комментарием является любой текст, заключенный в фигурные скобки. Этот текст может содержать разделители (кроме признака конца объекта), а также символы, не входящие в алфавит языка. Вложенные комментарии и фигурные скобки внутри комментария не допускаются.

Лексемы языка подразделяют на следующие группы.

1. **Зарезервированные слова.** В данной версии языка имеется 111 зарезервированных слов. Они должны быть записаны так, как указано ниже (прописные и строчные буквы различаются) и не могут быть использованы в другом контексте (в тексте зарезервированные слова выделяются курсивом):

<i>\$Activities</i>	<i>Convert_begin</i>	<i>Resource_file</i>
<i>\$Back_picture</i>	<i>Convert_end</i>	<i>Results_file</i>
<i>\$Body</i>	<i>Convert_event</i>	<i>rule</i>
<i>\$Compare_tops</i>	<i>Convert_rule</i>	<i>Run_StartTime</i>
<i>\$Condition</i>	<i>Create</i>	<i>s_bmp</i>
<i>\$Constant</i>	<i>ellipse</i>	<i>search</i>
<i>\$Decision_point</i>	<i>enumerative</i>	<i>set</i>
<i>\$Default</i>	<i>Erase</i>	<i>Show</i>

<i>\$End</i>	<i>exponential</i>	<i>Show_if</i>
<i>\$End_picture</i>	<i>first</i>	<i>Show_mode</i>
<i>\$Evaluate_by</i>	<i>Frame_file</i>	<i>Show_rate</i>
<i>\$Frame</i>	<i>Frame_number</i>	<i>some</i>
<i>\$Function</i>	<i>from</i>	<i>Statistic_file</i>
<i>\$Include</i>	<i>get_value</i>	<i>such_as</i>
<i>\$Operations</i>	<i>Get_value</i>	<i>table</i>
<i>\$Parameters</i>	<i>integer</i>	<i>temporary</i>
<i>\$Pattern</i>	<i>irregular_event</i>	<i>Terminate_if</i>
<i>\$Relevant_resources</i>	<i>Keep</i>	<i>text</i>
<i>\$Resource_type</i>	<i>keyboard</i>	<i>trace</i>
<i>\$Resources</i>	<i>line</i>	<i>trace_all</i>
<i>\$Results</i>	<i>list</i>	<i>Trace_EndTime</i>
<i>\$Sequence</i>	<i>Model_name</i>	<i>Trace_file</i>
<i>\$Term_condition</i>	<i>Monitor</i>	<i>Trace_StartTime</i>
<i>\$Time</i>	<i>NO</i>	<i>trace_stat</i>
<i>\$Type</i>	<i>no_trace</i>	<i>trace_tops</i>
<i>active</i>	<i>NoChange</i>	<i>transparent</i>
<i>after</i>	<i>NoCheck</i>	<i>triang</i>
<i>algorithmic</i>	<i>NonExist</i>	<i>uniform</i>
<i>all</i>	<i>normal</i>	<i>until</i>
<i>and</i>	<i>NoShow</i>	<i>value</i>
<i>Animation</i>	<i>operation</i>	<i>watch_par</i>
<i>before</i>	<i>Oprlev_file</i>	<i>watch_quant</i>
<i>bitmap</i>	<i>or</i>	<i>watch_state</i>
<i>Break_point</i>	<i>permanent</i>	<i>watch_value</i>
<i>by_hist</i>	<i>r_rect</i>	<i>with_max</i>
<i>Calculate_if</i>	<i>real</i>	<i>with_min</i>
<i>Choice</i>	<i>rect</i>	<i>YES</i>

2. Строковые константы. Строковая константа представляет собой строку текста, заключенную в апострофы. Текст может содержать разделители (кроме признака конца строки и конца объекта), а также символы, не входящие в алфавит языка. Апострофы внутри строковой константы не допускаются. Максимальная длина строковой константы вместе с ограничивающими апострофами равна 63 символам.

Примеры строковых констант:

```
'Абв{Где}'   'xxx ууу'
'1525+hgf'   'Строка _____'
```

3. Специальные символы. В данной версии языка лексемами являются следующие специальные символы и их комбинации:

```
: ~ двоеточие;
[ ] ~ прямые скобки;
( ) ~ круглые скобки;
```

```
, - запятая;
+ - знак сложения;
- - знак вычитания;
* - знак умножения;
/ - знак деления;
< - знак меньше;
> - знак больше;
= - знак равно;
<> - не равно;
<= - меньше или равно;
>= - больше или равно;
.. - знак диапазона.
```

4. Численные константы. Численные константы записывают так же, как в языках программирования высокого уровня. Константы целого типа представляют собой последовательность цифр, перед которой может стоять знак "+" или "-". Вещественные константы состоят из целой и дробной частей, разделенных точкой, за которыми может следовать

порядок. Порядок числа начинается символом "Е" или "е", за которым следует значение порядка (целая константа со знаком). Вещественная константа также может иметь знак.

Диапазон допустимых значений целой константы составляет -32767...32767, длиной целой — -2147483647...2147483647. Вещественные константы хранятся в 4-байтном формате (диапазон 1.5E-45...3.4E+38, точность 7 – 8 значащих цифр).

Примеры констант:

123	164.64655E3	0.00423
-6555	-55.0e-10	+1000.

5. Имена. Простое имя – это последовательность русских или латинских строчных или прописных букв и цифр, а также символов '\$' и '_'. Имя не может начинаться с цифры. Составное имя содержит два простых имени, разделенных точкой. Длина простого и составного имен в данной версии языка не должна превышать 63 символов. Прописные и строчные буквы считаются разными символами.

Примеры имен:

Скорость
_время
\$Стоимость
Интервал_прибытия_танкеров
Aux_var
Станок.режим
Storage.volume
Фигаро.Количество_клиентов_в_очереди.

4.11.2. ТИПЫ ДАННЫХ. СООТВЕТСТВИЕ ТИПОВ

Тип данных определяет множество значений, которые может принимать та или иная переменная и те операции, которые можно к ним применять. Концепцию типов данных широко используют в современных языках программирования, с ее помощью можно абстрагироваться от физического представления данных, повысить наглядность и надежность программы. С каждой встречающейся в программе константой, функцией, последовательностью, параметром ресурса, параметром функции, параметром образца должен быть сопоставлен один и только один тип. В РДО определены следующие типы данных:

- целый тип – *integer*;
- вещественный тип – *real*;
- перечислимый тип;
- ссылка на один из выше определенных

типов – *such_as*.

Для целых и вещественных типов возможно задание диапазона допустимых значений. Диапазоны указывают за зарезервированным словом *integer* или *real* в квадратных скобках. Границы диапазона задают численными константами вещественного или целого типа и разделяют двумя точками.

Например:

```
integer [1..100]
real [0.0..50.7].
```

Если диапазон указан, то при присвоении значения проверяется нахождение значения объекта в диапазоне допустимых. Кроме того, имеется отличие в хранении целого типа с диапазоном. Если верхняя и нижняя границы диапазона целого типа больше или равны 0 и меньше 256, то объект этого типа хранится как байт, что позволяет рациональнее использовать память.

Перечисляемые типы задают указанием всех возможных значений. Имена всех возможных значений перечислимого типа указывают в круглых скобках через запятую. Максимальное количество имен значений равно 256, значение перечислимого типа хранится как байт. Имя значения перечислимого типа – это простое имя.

Примеры записей перечислимого типа:

(Свободен, Заят, Погрузка, Разгрузка)
(Первый, Второй, Третий, Седьмой).

Если несколько различных объектов программы имеют одинаковый тип, то нет необходимости повторять описание типа. Вместо этого можно воспользоваться ссылкой на ранее описанный тип. Ссылка имеет следующий формат:

such_as <имя_ранее_описанного_объекта>.

Ссылки возможны на типы ранее описанных констант и параметров ресурсов, представленных в объекте типов ресурсов. Допустимы цепочные ссылки, т.е. ссылки на объект, тип которого также описан ссылкой.

Например:

```
wood_kind : such_as a_trunk.wood_kind
quality : such_as a_trunk.quality
diameter_b : such_as a_trunk.diameter_a
diameter_e : such_as diameter_b.
```

В языке используют следующие соглашения о соответствии типов. Целый тип всегда соответствует целому, а вещественный – вещественному независимо от диапазона допусти-

мых значений, если он задан. Перечислимые типы считаются соответствующими, только если один из них описан ссылкой на тип другого, либо если они оба описаны ссылкой на тип третьего.

4.11.3. АРИФМЕТИЧЕСКИЕ И ЛОГИЧЕСКИЕ ВЫРАЖЕНИЯ

Арифметические выражения в данной версии языка могут быть целого, вещественного и перечислимого типов. Выражения целого и вещественного типов состоят из операндов, знаков арифметических операций и круглых скобок. Операндами арифметического выражения служат:

- численные константы;
- символьные константы;
- глобальные переменные;
- функции;
- последовательности;
- параметры ресурсов;
- параметры релевантных ресурсов;
- параметры образцов;
- параметры функций.

Возможность использования операндов зависит от контекста. Так, параметры функции можно использовать в арифметических выражениях лишь в теле алгоритмических функций, а параметры образца и параметры релевантных ресурсов – в теле образцов.

В выражениях целого и вещественного типа допустимы следующие арифметические операции: сложение (+), вычитание (–), умножение (*), деление (/). Порядок вычисления значения выражения определяется старшинством арифметических операций и скобками. Сначала выполняется вычисление значений в скобках, затем умножение и деление и, наконец, сложение и вычитание.

Тип арифметического выражения определяется типами операндов, которые задаются пользователем при описании констант, функций, последовательностей, типов ресурсов, образцов. При вычислении значения арифметического выражения тип результата выполнения арифметической операции будет целым, если оба операнда целые. Если хотя бы один операнд имеет вещественный тип, то результат имеет вещественный тип. Результатом деления целых чисел является целое число – целая часть результата деления. Дробная часть отбрасывается. Например, результатом выраже-

ния $2 * (5 / 2)$ будет целое число 4, а выражения $2 * (5.0 / 2)$ – вещественное число 5.0.

Логические выражения состоят из логических стандартных функций, арифметических выражений, объединенных в пары операциями отношения, логических операций и квадратных скобок. Операции отношения включают в себя:

- = – равно;
- <> – не равно;
- < – меньше;
- > – больше;
- <= – меньше или равно;
- >= – больше или равно.

Логические операции содержат: "and" – операция И; "or" – операция ИЛИ. При вычислении значения логического выражения сначала вычисляются значения арифметических выражений, затем результаты операций отношения и значения стандартных логических функций и, наконец, в последнюю очередь выполняются логические операции. Оба арифметических выражения в операции отношения должны иметь один и тот же тип, либо одно должно быть вещественным, а второе – целым. Если одно из арифметических выражений в операции отношения имеет вещественный тип, то при выполнении операции отношения значение второго выражения также преобразуется к вещественному типу. Если оба арифметических выражения целого типа, то операция отношения выполняется над целыми операндами. Над выражениями перечислимого типа допустимы только операции "равно" и "не равно".

Порядок выполнения логических операций при вычислении выражения определяется старшинством и скобками. Сначала вычисляются значения в скобках, затем выполняются операции И, затем ИЛИ. При вычислении используется короткая схема, необходимая для получения результата логической операции. Так, если первый операнд в операции ИЛИ имеет значение ИСТИНА, то независимо от значения второго операнда результатом операции будет ИСТИНА, поэтому нет необходимости вычислять значение второго операнда. Аналогично, если в операции И первый операнд име-

П р и м е ч а н и е. При использовании в качестве операндов численных констант их необходимо отделять от стоящих перед ними знаков "+" или "-" по крайней мере одним разделителем. В противном случае эти знаки воспринимаются не как знаки арифметических операций, а как знак численной константы.

ет значение ЛОЖЬ, т.е. вычисляются значения не всех логических операндов, независимо от значения второго операнда значением операции будет ЛОЖЬ.

Ниже приведены примеры логических выражений и их значений:

$1 + 3 * 5 \leq 20$ – ИСТИНА;
 $1 + 3 * 5 \leq 20$ and $1.0 > 2$ – ЛОЖЬ;
 $2 * (5 / 2) = 2 * (5.0 / 2)$ – ЛОЖЬ;
 $2 \geq 1$ and $5 \leq 3$ or $7 < 5$ – ИСТИНА.

4.11.4. ГЛОБАЛЬНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ И СТАНДАРТНЫЕ ФУНКЦИИ

Глобальные переменные и стандартные арифметические функции используются в арифметических выражениях. Глобальных переменных в данной версии языка две (табл. 4.11.1).

Стандартные арифметические функции, включенные в данную версию языка, приведены в следующей таблице с соответствующими пояснениями (табл. 4.11.2).

4.11.1. Глобальные переменные

Имя переменной	Тип переменной	Описание
Seconds	вещественный	Содержит количество секунд, прошедших с момента начала моделирования
Time_now	вещественный	Содержит значение текущего модельного времени (времени в моделируемой системе) в единицах времени

4.11.2. Стандартные арифметические функции

Имя функции	Тип значения	Тип первого аргумента	Тип второго аргумента	Описание
abs(x)	вещественный	вещественный	–	Вычисляет абсолютную величину вещественного аргумента x
arccos(x)	вещественный	вещественный	–	Вычисляет арккосинус аргумента x, заданного в радианах
arcsin(x)	вещественный	вещественный	–	Вычисляет арксинус аргумента x, заданного в радианах
arctan(x)	вещественный	вещественный	–	Вычисляет арктангенс аргумента x, заданного в радианах
cos(x)	вещественный	вещественный	–	Вычисляет косинус аргумента x, заданного в радианах
cotan(x)	вещественный	вещественный	–	Вычисляет котангенс аргумента x, заданного в радианах
exp(x)	вещественный	вещественный	–	Вычисляет значение e в степени x
floor(x)	целый	вещественный	–	Результат функции – наибольшее целое число, не превосходящее x
frac(x)	вещественный	вещественный	–	Возвращает дробную часть вещественного аргумента x
iabs(x)	целый	целый	–	Вычисляет абсолютную величину целого аргумента x
imax(x,y)	целый	целый	целый	Возвращает максимальное из значений двух целых аргументов x и y

Продолжение табл. 4.11 2

Имя функции	Тип значения	Тип первого аргумента	Тип второго аргумента	Описание
$\text{imin}(x,y)$	целый	целый	целый	Возвращает минимальное из значений двух целых аргументов x и y
$\text{int}(x)$	целый	вещественный	—	Результат функции — наибольшее целое число, не превосходящее x
$\text{intpower}(x,y)$	вещественный	вещественный	целый	Вычисляет значение x в целой степени y с учетом знака x . Если x отрицателен и y — нечетная, то результат отрицателен
$\ln(x)$	вещественный	вещественный	—	Вычисляет натуральный логарифм положительного аргумента x
$\log_{10}(x)$	вещественный	вещественный	—	Вычисляет логарифм по основанию 10 положительного аргумента x
$\log_2(x)$	вещественный	вещественный	—	Вычисляет логарифм по основанию 2 положительного аргумента x
$\log_n(x,y)$	вещественный	вещественный	вещественный	Вычисляет логарифм по основанию y положительного аргумента x . Аргумент y должен быть положительным
$\text{max}(x,y)$	вещественный	вещественный	вещественный	Возвращает максимальное из значений двух вещественных аргументов x и y
$\text{min}(x,y)$	вещественный	вещественный	вещественный	Возвращает минимальное из значений двух вещественных аргументов x и y
$\text{power}(x,y)$	вещественный	вещественный	вещественный	Вычисляет значение x в степени y , x должен быть неотрицательным
$\text{round}(x)$	целый	вещественный	—	Округляет значение вещественного аргумента x к ближайшему целому числу
$\sin(x)$	вещественный	вещественный	—	Вычисляет синус аргумента x , заданного в радианах
$\text{sqrt}(x)$	вещественный	вещественный	—	Вычисляет значение корня квадратного из x , x должен быть неотрицательным
$\tan(x)$	вещественный	вещественный	—	Вычисляет тангенс аргумента x , заданного в радианах

4.11.3. Имена и способы вычисления значений логических функций

Имя функции	Значение
Exist	Если существует хотя бы один ресурс указанного типа, состояние которого удовлетворяет заданному логическому выражению, функция выдает значение ИСТИНА, в противном случае – ЛОЖЬ
Not_Exist	Если не существует ни одного ресурса указанного типа, состояние которого удовлетворяет заданному логическому выражению, функция выдает значение ИСТИНА, в противном случае – ЛОЖЬ
For_All	Если состояние всех ресурсов указанного типа удовлетворяет заданному логическому выражению, функция выдает значение ИСТИНА, в противном случае – ЛОЖЬ
Not_For_All	Если состояние не всех ресурсов указанного типа удовлетворяет заданному логическому выражению, функция выдает значение ИСТИНА, в противном случае – ЛОЖЬ

Кроме стандартных арифметических функций в языке определены четыре стандартные функции, значением которых является ИСТИНА или ЛОЖЬ. Синтаксис вызова этих функций следующий:

<имя функции> "(" <имя типа ресурс> ":" <логическое выражение> | "NoCheck")".

Стандартные логические функции используются в логических выражениях. Ниже приведены их имена и способы вычисления их значений (табл. 4.11.3).

Если вместо логического выражения указано зарезервированное слово *NoCheck*, то рассматриваются все ресурсы указанного типа. В этом случае функция *Exist* определяет, существует ли хотя бы один ресурс указанного типа, функция *For_All* всегда выдает значение **ИСТИНА** (даже если нет ни одного ресурса указанного типа), а функция *Not_For_All* всегда выдает значение **ЛОЖЬ**.

Примеры вызова стандартных логических функций:

```
Exist(Заявки : Заявки.Состояние = ожидает)
Not_Exist(Тип_1 : NoCheck)
Not_For_All(Станок : Станок.Количество > 3 and Станок.Состояние = свободен).
```

4.11.5. СИНТАКСИС ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Рассмотренные примеры моделирования различных входных потоков и используемых при этом последовательностей дают полную картину возможностей пользователя, работающего в РДО. В общем случае описание

последовательности в объекте констант, функций и последовательностей имеет вид:

```
$Sequence <имя_последовательности> :
    <тип_значения_последовательности>
$Type = <тип_последовательности>
    <значение_базы_генератора>
$Body
    <тело_последовательности>
$End.
```

Как видно из табл. 4.11.4, последовательности типа *uniform*, *exponential* и *normal* не могут иметь значения перечислимого типа. Последовательности типа *uniform* и *normal* имеют два параметра, последовательности типа *exponential* – один параметр, последовательности типа *by_hust* и *enumerative* не имеют параметров (при обращении к последовательности без параметров скобки после имени последовательности не указываются). Для задания значения параметра вещественного типа можно пользоваться арифметическим выражением целого типа.

Синтаксис тела последовательности зависит от типа последовательности.

Последовательности типа *uniform*, *normal* и *exponential* не имеют тела.

Тело последовательности типа *by_hust* имеет следующий формат:

```
<границы_диапазона> <относительная_частота>
{<границы_диапазона> <относительная_частота>}
```

4.11.4. Допустимые типы значений последовательности и типы параметров для различных типов последовательности

Тип последовательности	Тип значения последовательности	Тип первого параметра	Тип второго параметра
<i>uniform</i>	Целый Вещественный	Целый Вещественный	Целый Вещественный
<i>exponential</i>	Целый Вещественный	Вещественный Вещественный	— —
<i>normal</i>	Целый Вещественный	Вещественный Вещественный	Вещественный Вещественный
<i>by_hist</i>	Целый Вещественный Перечислимый	— — —	— — —
<i>enumerative</i>	Целый Вещественный Перечислимый	— — —	— — —

Для целых и вещественных последовательностей границы диапазона указывают целыми либо вещественными численными константами, причем нижняя граница диапазона (за исключением первого диапазона) должна быть равна верхней границе предыдущего диапазона. Для перечислимых последовательностей задают не диапазон, а имя значения перечислимого типа. Относительную частоту задают вещественной численной константой, она обозначает относительную частоту попадания значений последовательности в заданный интервал (относительную частоту появления заданного значения для перечислимых последовательностей). Сумма относительных частот для всех интервалов гистограммы не обязательно должна быть равна 1. Использование для задания границ диапазона и относительных частот символьных констант и выражений не допускается.

Тело последовательности типа *enumerative* имеет следующий формат:

```
<значение_последовательности>
{ <значение_последовательности> }.
```

Значение последовательности задают целой вещественной численной константой или именем значения в соответствии с типом значений последовательности. Максимальное количество значений в данной версии равно 1024.

После определения описанным способом значения последовательности любого типа в случае, если задан допустимый диапазон значений последовательности, производится проверка попадания полученного значения в этот диа-

пазон. Если значение меньше нижней границы, то оно становится равным нижней границе, если больше верхней, то равным верхней границе.

Все последовательности порождают независимые потоки псевдослучайных чисел. Изменением значений начальных баз генераторов могут быть получены различные реализации последовательности.

4.11.6. ТИПЫ РЕСУРСОВ

Типы ресурсов определяют структуру глобальной базы данных программы (модели) и их описывают в отдельном объекте. Описание каждого типа ресурса имеет следующий формат:

```
$Resource_type <имя_типа> : <вид_ресурсов>
$Parameters
<описание_параметра> { <описание_параметра> }
$End.
```

Имя типа представляет собой простое имя. Имена типов должны быть различными для всех типов и не должны совпадать с предопределенными и ранее использованными именами. Вид ресурсов данного типа может быть одним из следующих:

- *permanent* — постоянные ресурсы; ресурсы этого вида всегда присутствуют в модели, они не могут быть уничтожены или созданы во время прогона;
- *temporary* — временные ресурсы; ресурсы этого вида могут во время прогона создаваться и уничтожаться при выполнении операций, правил и совершении нерегулярных событий.

Описание параметра ресурса имеет формат:

<имя_параметра> : <тип_параметра> [= <значение_по_умолчанию>].

Имя параметра – это простое имя. Имена параметров должны быть различными для всех параметров данного типа и не должны совпадать с именами типов ресурсов и зарезервированными словами. Имя параметра может совпадать с именем параметра другого типа ресурсов. Тип параметра – это один из возможных типов данных языка. Ссылки возможны на параметры ранее описанных типов ресурсов и на ранее описанные параметры данного типа ресурсов.

Для параметра любого типа может быть задано значение по умолчанию. Это значение указывают после знака равенства целой или вещественной численной константой, либо именем значения для перечислимого параметра. При указании типа ссылкой также возможно задание значения по умолчанию. При этом задаваемое значение может отличаться от значения по умолчанию того параметра, на тип которого проводится ссылка.

Пример описания типов ресурсов:

\$Resource_type Тип_1 : *permanent*

\$Parameters

Параметр_1 : *integer* = 10

Параметр_2 : *real*

Параметр_3 : *integer* [0..1000] = 0

Параметр_4 : *real* [0.0..20.0]

Параметр_5 : (Свободен, Занят, Погрузка, Разгрузка) = Свободен

Параметр_6 : *such_as* Тип_1.Параметр_1 = 20

Параметр_7 : *such_as* Тип_1.Параметр_4

Параметр_8 : *such_as* Тип_1.Параметр_5

Параметр_9 : *such_as* Тип_1.Параметр_5 = Занят

Параметр_10 : *such_as* Тип_1.Параметр_9

\$End.

Описание типов ресурсов на РДО-языке для примера производственной системы, рассмотренного выше (см. рис. 4.9.2), имеет вид:

\$Resource_type Станки : *permanent*

\$Parameters

Занятость : (Свободен, Занят) = Свободен

Загруженность : (Загружен_вал, Загружен, Обработано, Разгружен)

\$End.

\$Resource_type Роботы : *permanent*

\$Parameters

Занятость : (Свободен, Занят) = Свободен

Место : (Нет, Конвейер_1, Конвейер_2, Конвейер_3,

ПозСборки, ШлифСтанок, ПозОхл_вход, ПозОхл_выход)

\$End.

\$Resource_type Конвейеры : *permanent*

\$Parameters

Количество_деталей : *integer* [0..6]

\$End.

\$Resource_type Позиция_охлаждения : *permanent*

\$Parameters

Количество_деталей : *integer* [0..10]

\$End.

При описании сложных систем часто возникает так называемая проблема представления. Она состоит в том, что не существует единственного описания, и разработчик должен выбирать тот или иной вариант на основе своего опыта, интуиции и т.д. Различные варианты описания могут отличаться эффективностью моделирования, наглядностью, удобством формулирования образцов и т.п.

4.11.7. ОПИСАНИЕ РЕСУРСОВ

Ресурсы определяют начальное состояние глобальной базы данных программы (модели) и описываются в отдельном объекте. Объект ресурсов имеет следующий формат:

\$Resources

<описание_ресурса> { <описание_ресурса> }

\$End.

Описание каждого ресурса имеет следующий формат:

<имя_ресурса>: <имя_типа_ресурса> [*trace* | *no_trace*] <начальные_значения_параметров>.

Имя ресурса – это простое имя. Имена должны быть различными для всех ресурсов и не должны совпадать с предопределенными и ранее использованными именами.

Имя типа ресурса – это имя одного из типов ресурсов, описанных в объекте типов.

Начальные значения параметров ресурса задают в позиционном соответствии с порядком следования параметров в описании типа. Значения задают целой или вещественной чис-

ленной константой, либо именем значения в соответствии с типом параметра. Для тех параметров, у которых при описании типа указано значение по умолчанию, вместо начального значения можно указать символ "***". В этом случае параметр примет значение по умолчанию. Если для параметра задан диапазон возможных значений, то проверяется соответствие начального значения этому диапазону.

Например, возможны следующие описания ресурса:

\$Resources

Ресурс_1 : Тип_1 0 5.25 100 0.0 Занят 20 10.
Свободен Погрузка Занят

Ресурс_2 : Тип_1 trace * 5.25 * 0.0 * 10 10. ***
\$End.

При использовании цепочных ссылок значение по умолчанию принимается равным ближайшему из указанных в цепочке. Поэтому последний параметр ресурса "Ресурс_2" при такой записи получит начальное значение "Занят", установленное для параметра "Параметр_9", а не "Свободен", установленное для параметра "Параметр_5", а параметр "Параметр_8" получит значение "Свободен".

При описании ресурсов после имени типа ресурса можно указать признак трассировки. Этот признак задают одним из двух зарезервированных слов:

trace – производить трассировку состояния ресурсов;

no_trace – не производить трассировки.

Например:

Ресурс_2 : Тип_1 trace * 5.25 * 0.0 * 10 10. ***
Ресурс_2 : Тип_1 no_trace * 5.25 * 0.0 * 10 10. ***.

По умолчанию принимается значение признака *no_trace*, поэтому это значение можно не указывать.

Описание ресурсов на РДО-языке для примера производственных систем, типы которых были описаны выше, в объекте типов ресурсов имеют вид:

\$Resources

K1 : Конвейеры 4
K2 : Конвейеры 4
K3 : Конвейеры 0
TP : Роботы * ПозСборки
ПС : Станки * Разгружен
ПО : Позиция охлаждения 0
ШС : Станки * Разгружен
\$End.

При этом начальное состояние системы принято следующим: на конвейере K3 и позиции охлаждения деталей нет, на конвейерах K1 и K2 находятся по четыре комплектующих (валы и крыльчатки соответственно), транспортный робот свободен и находится у позиции сборки, позиция сборки и шлифовальный станок свободны, деталей на них нет.

4.11.8. ОПИСАНИЕ СИМВОЛЬНЫХ КОНСТАНТ, ФУНКЦИЙ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Для увеличения выразительных возможностей и повышения удобства записи в языке могут быть определены символьные константы и функции. Они описываются в отдельном объекте, который определяет символьные константы, функции и последовательности и имеет следующий формат:

\$Constant

<описание_константы>{<описание_константы>}
\$End

{<описание_функции_или_последовательности>}.

Сначала описывают все константы, затем функции и последовательности в произвольном порядке. Описание константы имеет формат:

<имя_константы> : <тип_константы> = <значение_константы>.

Имя константы представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех констант и не должны совпадать с зарезервированными словами, именами типов ресурсов и именами параметров, именами ресурсов.

Тип константы – это один из возможных типов данных языка. При описании типов констант возможны ссылки на типы параметров ресурсов и типы ранее описанных констант.

Значение символьной константы задается целой или вещественной численной константой, либо именем значения в соответствии с типом константы. Примеры описания символьных констант:

\$Constant

Константа_1 : integer = 10
Константа_2 : real = 3.14159
Константа_3 : integer [0..1000] = 0
Константа_4 : real [0.0..20.0] = 10.0
Константа_5 : (Свободен, Занят, Погрузка, Разгрузка) = Свободен

```

Константа_6 : such_as Тип_1.Параметр_1 = 20
Константа_7 : such_as Константа_4 = 6.72
Константа_8 : such_as Тип_1.Параметр_5 =
Занят
Константа_9 : (Значение_1, Значение_2,
Значение_3, Значение_4, Значение_5) = Зна-
чение_1
$End.

```

Значение символьной константы может быть изменено перед началом прогона в объеме прогона. Если при описании константы указан диапазон возможных значений, то проверяется нахождение нового значения в диапазоне допустимых.

Описание функции имеет следующий формат:

```

$Function <имя_функции> : <тип_значения_
функции>
$Type = <тип_функции>
$Parameters
<описание_параметра_функции>
{ <описание_параметра_функции> }
$Body
<тело_функции>
$End.

```

Имя функции представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех функций и не должны совпадать с ранее определенными именами.

Тип значения функции – это один из возможных в языке типов данных. При описании типов значений функции возможны ссылки на типы параметров ресурсов и типы символьных констант. Значения по умолчанию также могут быть указаны при описании типа значения функции, однако они не используются, за исключением функций типа список.

В данной версии языка определены функции следующих типов:

- *algorithmic* – функция алгоритмического типа;
- *table* – функция типа таблица;
- *list* – функция типа список.

Функция типа список представляет собой список значений параметров и соответствующих им значений функции, функция типа таблица – таблицу значений функции, алгоритмическая функция – перечень условий и формул, по которым вычисляется значение функции.

Описание параметра функции имеет следующий формат:

```
<имя_параметра_функции> : <тип_параметра>.
```

Имя параметра функции представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех параметров и не должны совпадать с ранее определенными именами. Тип параметра – это один из возможных типов данных. При описании типов параметров функции возможны ссылки на типы параметров ресурсов и типы символьных констант. Значения по умолчанию не задают.

Обращение к функции имеет следующий формат:

```
<имя_функции> "(" <выражение> { "," <выра-
жение> } ")".
```

После имени функции в скобках через запятую записывают арифметические выражения для вычисления значений параметров. Порядок следования выражений определяется порядком следования параметров в описании функции. Тип арифметического выражения должен соответствовать типу параметра. Для вещественных параметров допустимо выражение целого типа.

Синтаксис тела функции зависит от типа функции. Для функции типа список описание тела имеет следующий формат:

```
<значения_параметров> = <значение_функции>
{<значения_параметров> = <значение_функции> }.
```

Значения параметров функции отделяют друг от друга по крайней мере одним разделителем. Порядок следования значений параметров определяется порядком следования описаний параметров функции. Значение параметра задают целой или вещественной численной константой либо именем значения в соответствии с типом параметра. Значение функции задается целой или вещественной численной константой либо именем значения в соответствии с типом значения функции.

Пользователь описывает все возможные значения функции и соответствующие им комбинации значений параметров. При вычислении функции определяются значения параметров, ищется соответствующая комбинация из описанных в теле функции, и функция принимает значение, указанное для данных значений параметров. Если тело функции не содержит комбинацию значений параметров, вычисленных при данном вызове функции, то функция принимает значение, указанное как значение по умолчанию при описании типа значений функции. По этой причине указание значения по умолчанию при описании типа значения функции-списка является обязательным.

Если в описании типа значения функции указан диапазон допустимых значений, то при чтении тела функции ее значения будут проверяться на попадание в диапазон допустимых.

Пример описания функции-списка:

```
$Function Список_1 : such_as Константа_9 =
Значение_2
$Type = list
$Parameters
    Параметр_1 : such_as Константа_5
    Параметр_2 : integer
$Body
    Свободен 12 = Значение_3
    Занят 41 = Значение_1
    Разгрузка 3 = Значение_4
    Свободен 54 = Значение_2
    Погрузка 22 = Значение_5
    Разгрузка 9 = Значение_4
    Занят 18 = Значение_1
$End.
```

Примеры вызовов функции и получаемых значений:

```
Список_1(Занят, 40 + 1) = Значение_1;
Список_1(Погрузка, 22) = Значение_5;
Список_1(Свободен, 4) = Значение_2 (по
умолчанию).
```

При описании функции типа таблица все параметры должны иметь либо целый тип с обязательным указанием диапазона, либо перечислимый тип, причем для целых параметров значение нижней границы диапазона обязательно должно быть равно 1. Это необходимо для определения количества значений в таблице и правильного вычисления линейного номера значения.

Тело функции-таблицы представляет собой множество значений функции для каждой комбинации значений параметров. Значения в теле функции задают целой или вещественной численной константой либо именем значения в соответствии с типом значения функции и разделяют по крайней мере одним разделителем. В многомерных таблицах (количество параметров функции больше одного) значения располагают следующим образом: сначала указывают значения, соответствующие возрастающим значениям первого параметра-индекса, затем второго и так далее.

Если в описании типа значения функции указан диапазон допустимых значений, то при

чтении тела функции ее значения будут проверяться на попадание в диапазон допустимых.

Примеры описания функции-таблицы (комментарии в теле функций даны для пояснения порядка следования значений):

```
$Function Таблица_1 : such_as Константа_9
$Type = table
$Parameters
    Параметр_1 : integer [1..8]
$Body
    Значение_3 Значение_5 Значение_2 Значение_4 {Параметр_1 = 1..4}
    Значение_1 Значение_2 Значение_5 Значение_1 {Параметр_1 = 5..8}
$End.
```

```
$Function Таблица_2 : integer [0..80]
$Type = table
$Parameters
    Параметр_1 : such_as Константа_9
    Параметр_2 : integer [1..4]
$Body
{ Параметр_1 = Значение_1 Значение_2 Значение_3 Значение_4 Значение_5 }
{ Параметр_2 }
{ 1 } 1 19 58 36 6
{ 2 } 1 19 58 39 9
{ 3 } 1 19 58 42 12
{ 4 } 1 19 58 45 15
$End.
```

```
$Function Таблица_3 : real
$Type = table
$Parameters
    Параметр_1 : such_as Константа_9
    Параметр_2 : integer [1..2]
    Параметр_3 : integer [1..2]
$Body
{ Параметр_3 = 1 }
{ Параметр_1 = Значение_1 Значение_2 Значение_3 Значение_4 Значение_5 }
{ Параметр_2 }
{ 1 } 0.12 0.18 0.72 0.53 0.24
{ 2 } 0.85 0.64 0.92 0.16 0.38
{ Параметр_3 = 2 }
{ Параметр_1 = Значение_1 Значение_2 Значение_3 Значение_4 Значение_5 }
{ Параметр_2 }
{ 1 } 0.64 0.02 0.52 0.73 0.63
{ 2 } 0.10 0.43 0.95 0.74 0.27
$End.
```

Примеры вызовов функций и получаемых значений:

```
Таблица_1(2) = Значение_5
Таблица_1(2 * 5 - 4) = Значение_2
Таблица_2(Значение_4, 2) = 39
Таблица_2(Значение_5, 1) = 6
Таблица_3(Значение_4, 1, 1) = 0.53
Таблица_3(Значение_2, 2, 1) = 0.64
Таблица_3(Значение_3, 2, 2) = 0.95.
```

Тело алгоритмической функции имеет следующий формат:

```
Calculate_if
<логическое_выражение> <имя_функции>
= <арифметическое_выражение>
{ Calculate_if
<логическое_выражение> <имя_функции>
= <арифметическое_выражение> }.
```

Оно представляет собой последовательность условных операторов, в которых указано выражение для вычисления значения функции в том случае, если условие выполняется.

Значение алгоритмической функции вычисляется следующим образом. Просматриваются в порядке описания в теле функции логические выражения и вычисляются их значения. Если значение равно ЛОЖЬ, то вычисляется значение следующего логического выражения. Если значение равно ИСТИНА, то значение функции вычисляется как результат соответствующего арифметического выражения. Если же все логические выражения имеют значение ЛОЖЬ, то значение функции не определено.

В арифметических выражениях для вычисления значений функции могут вызываться другие функции, в том числе может рекурсивно вызываться эта же функция, операндами этих выражений могут также являться символы константы и последовательности.

Примеры описания алгоритмических функций:

```
$Function Функция_1 : real
$Type = algorithmic
$Parameters
  Параметр_1 : integer
  Параметр_2 : real
$Body
  Calculate_if Параметр_1 <= 6 Функция_1 =
  Параметр_1 * Параметр_2
  Calculate_if Параметр_1 > 6 Функция_1 =
  1.0 + Параметр_2
$End.
```

\$Function Функция_2 : (Зеленый, Желтый, Красный)

\$Type = algorithmic

\$Parameters

Параметр_1 : real

\$Body

Calculate_if Параметр_1 <= 10.0 Функция_2 = Зеленый

Calculate_if Параметр_1 > 10.0 and Параметр_1 <= 20.0 Функция_2 = Желтый

Calculate_if Параметр_1 > 20.0 Функция_2 = Красный

\$End.

Примеры вызовов функций и получаемых значений:

```
Функция_1(2, 10.0 / 2) = 10.0
Функция_1(8, 1.0 * 3 - 1.0) = 3.0
Функция_2(5.64) = Зеленый
Функция_2(12.6) = Желтый.
```

После описания функций в объекте помещаются описания последовательностей.

Последовательности отличаются от функций тем, что выдаваемое ими значение не вычисляется на основе значений их параметров с использованием определенного алгоритма, а определяется генератором псевдослучайных чисел с соответствующим распределением, либо выбирается из числа значений, заданных при описании последовательности.

В данной версии языка определены последовательности следующих типов:

- *uniform* — последовательность псевдослучайных чисел, распределенных по равномерному закону;

- *exponential* — последовательность псевдослучайных чисел, распределенных по экспоненциальному закону;

- *normal* — последовательность псевдослучайных чисел, распределенных по нормальному закону;

- *by_hist* — последовательность псевдослучайных чисел, распределенных по закону, заданному гистограммой;

- *enumerative* — последовательность значений, перечисленных непосредственно в теле последовательности.

Значение базы генератора представляет собой отрицательное или положительное целое число в диапазоне [-2147483647...2147483647]. Это значение может отсутствовать, в этом случае будет использовано значение, определенное в языке. Значения баз генераторов могут быть изменены в файле прогона.

Обращение к последовательности имеет следующий формат:

```
<имя_последовательности> [ "(" <выражение>
{ "," <выражение> } ")" ].
```

После имени последовательности в скобках через запятую записываются арифметические выражения для вычисления значений параметров. Порядок следования выражений, их количество и тип определяются параметрами последовательности. Количество и тип параметров зависят от типа последовательности и типа значений последовательности (см. табл. 4.11.4).

Ниже приведены примеры описания последовательностей.

```
$Sequence Последовательность_1 : real
$Type = uniform 11111111
$End.
```

```
$Sequence Последовательность_2 : real [0.0..10.0]
$Type = exponential 2147483647
$End.
```

```
$Sequence Последовательность_3 : real [0.0..10.0]
$Type = normal
$End.
```

```
$Sequence Последовательность_4 : real
$Type = by_hist 11111
$Body
1.0    2.0    0.0423
2.0    4.0    0.4239
4.0    5.75   0.2756
5.75   10.0   0.3072
$End.
```

```
$Sequence Последовательность_5 : integer [0..30]
$Type = by_hist 11111
$Body
0      2      0.11
2      5      0.12
5      6      0.17
6      11     0.20
11     20     0.34
20     30     0.06
$End.
```

```
$Sequence Последовательность_6 : such_as
Константа_9
$Type = by_hist 11111
$Body
Значение_1  0.11
Значение_2  0.12
Значение_3  0.17
Значение_4  0.20
Значение_5  0.34
$End.
```

```
$Sequence Последовательность_7 : real
$Type = enumerative
$Body
0.5253 0.7363 0.1642 0.2543 0.9126
$End.
```

```
$Sequence Последовательность_8 : integer
$Type = enumerative
$Body
42 745 78 745 82 94 19 31
$End.
```

```
$Sequence Последовательность_9 : such_as
Константа_9
$Type = enumerative
$Body
Значение_2 Значение_3 Значение_5 Значе-
ние_2 Значение_3
Значение_4 Значение_1 Значение_4 Значе-
ние_1 Значение_5
$End.
```

Примеры вызовов последовательностей.

```
Последовательность_1(1.0, 1 + 5 / 2.0)
Последовательность_2(2.5)
Последовательность_3(2.0, 1 / 5.0)
Последовательность_5
Последовательность_8.
```

Вычисление значений последовательности происходит следующим образом. Сначала вычисляются значения параметров, если параметры имеются. Значения последовательности типа "uniform" вычисляются на основе генератора псевдослучайных чисел как равномерно распределенные на заданном диапазоне целые либо вещественные (в зависимости от типа значения последовательности) числа. Значения последовательности типа "normal" вычисляются на основе генератора псевдослучайных чисел как нормально распределенные вещественные числа с заданным средним и дисперсией. Если тип значения последовательности целый, то целое значение получается из вещественного округлением к ближайшему целому. Значения последовательности типа "exponential" вычисляются на основе генератора псевдослучайных чисел как экспоненциально распределенные вещественные числа с заданным средним. Если тип значения последовательности целый, то целое значение получается из вещественного отбрасывания дробной части.

Значение последовательности типа "by_hist" вычисляется следующим образом. В начале в соответствии с относительными частотами

определяется интервал гистограммы, затем конкретное значение получается как равномерно распределенное на этом интервале число. Для последовательностей с перечислимыми значениями по относительной частоте сразу определяется значение.

Значения последовательности типа *"enumerative"* заданы непосредственно в теле. Эти значения выдаются при вызовах последовательности в порядке их следования в описании. При первом обращении выдается первое значение, при втором – второе и так далее. После последнего значения выдается первое.

После определения описанным способом значения последовательности любого типа в случае, если задан допустимый диапазон значений последовательности, производится проверка попадания полученного значения в этот диапазон. Если значение меньше нижней границы, то оно становится равным нижней границе, если больше верхней, то равным верхней границе.

Все последовательности порождают независимые потоки псевдослучайных чисел. Изменением значений начальных баз генераторов могут быть получены различные реализации последовательности.

4.11.9. ОПИСАНИЕ ОБРАЗЦОВ

Образцы составляют совместно с операциями процедурную часть программы на РДО-языке. Они представляют собой знания о функционировании моделируемой системы (знания о предметной области), записанные в виде модифицированных производственных правил в соответствии с синтаксисом языка. Описание всех образцов содержится в объекте образцов. Описание образца имеет следующий формат.

```
$Pattern <имя_образца> : <тип_образца>
[ trace | no_trace ]
$Parameters <описание_параметров_образца>
$Relevant_resources <описание_релевантных_
ресурсов_образца>
$Time = <выражение_времени>
$Body <тело_образца>
$End.
```

Имя образца представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех образцов и не должны совпадать с ранее определенными именами. В данной версии языка возможны образцы следующих типов:

– *operation* – образец, описывающий операцию;

– *irregular_event* – образец, описывающий нерегулярное событие;

– *rule* – образец, описывающий продукционное правило;

– *keyboard* – образец, описывающий клавиатурную операцию (такая операция может быть выполнена, если нажата определенная клавиша и выполняются предусловия).

После типа образца может быть указан признак трассировки. Этот признак задается одним из двух зарезервированных слов:

trace – производить трассировку событий, связанную с образцом;

no_trace – не производить трассировки.

По умолчанию принимается значение признака *no_trace*, поэтому это значение можно не указывать.

Описание параметров образца имеет следующий формат:

```
<имя_параметра> : <тип_параметра> [ = <значение_по_умолчанию> ]
{ <имя_параметра> : <тип_параметра> [ = <значение_по_умолчанию> ] }.
```

Имя параметра образца представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех параметров и не должны совпадать с ранее определенными именами. Имя параметра может совпадать с именем параметра другого образца. Тип параметра – это один из возможных типов данных. При описании типов параметров образца возможны ссылки на типы параметров ресурсов и типы символьных констант.

Для параметра любого типа может быть задано значение по умолчанию. Это значение указывают после знака равенства целой или вещественной численной константой, либо именем значения для перечислимого параметра. При указании типа ссылкой также возможно задание значения по умолчанию. При этом задаваемое значение может отличаться от значения по умолчанию того параметра, на тип которого производится ссылка.

Параметры в образце любого типа могут отсутствовать, в этом случае зарезервированное слово *\$Parameters* не указывают.

Описание релевантных ресурсов образца для образцов типа операция и клавиатурная операция имеет следующий формат:

```
<имя_релевантного_ресурса> : <описатель>
<статус_конвертора_начала> <статус_конвертора_конца> .
```

Описание релевантных ресурсов образца для образов типа нерегулярное событие и продукционное правило имеет следующий формат:

<имя_релевантного_ресурса> : <описатель>
<статус_конвертора>.

Имя релевантного ресурса образца представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех релевантных ресурсов и не должны совпадать с ранее определенными именами типов ресурсов, ресурсов, символьных констант, функций, последовательностей, образцов. Имя релевантного ресурса может совпадать с именем релевантного ресурса другого образца.

Описатель ресурса – это либо имя типа ресурса, либо имя ресурса. В первом случае в качестве релевантного может быть использован любой ресурс указанного типа, состояние которого удовлетворяет предусловию. Во втором случае может быть использован только указанный ресурс, если его состояние удовлетворяет предусловию.

Статус конвертора описывает, что происходит с релевантным ресурсом в целом при выполнении предусловия. Статус конвертора начала описывает, что происходит в начале, статус конвертора конца – в конце операции. В данной версии языка определены следующие статусы конверторов и соответствующие ключевые слова:

- *Keep* – релевантный ресурс сохраняется, но его состояние (значения параметров) изменяется;

- *Create* – релевантный ресурс создается;

- *Erase* – релевантный ресурс уничтожается;

- *NonExist* – релевантный ресурс не существует;

- *NoChange* – состояние релевантного ресурса не изменяется.

Статусы *Create*, *Erase* и *NonExist* допустимы только для ресурсов временного вида. Статус *Create* допустим только в том случае, если описатель есть имя типа ресурса. Статусы *NonExist* и *NoChange* недопустимы в образцах типа нерегулярное событие. В образцах типа нерегулярное событие статусы *Keep* и *Erase* допустимы только в случае, если описатель есть имя типа ресурса. Статус *NonExist* недопустим в образцах типа продукционное правило. В образцах операций и клавиатурных операций возможны следующие сочетания статусов начала и конца (табл. 4.11.5).

4.11.5. Сочетания статусов начала и конца

Статус конвертора начала	Статус конвертора конца
<i>Keep</i>	<i>Keep</i> <i>Erase</i> <i>NoChange</i>
<i>Create</i>	<i>Keep</i> <i>Erase</i> <i>NoChange</i>
<i>Erase</i>	<i>NonExist</i>
<i>NonExist</i>	<i>Create</i>
<i>NoChange</i>	<i>Keep</i> <i>Erase</i> <i>NoChange</i>

Способ выбора определяет, какие ресурсы будут использованы в качестве релевантных в том случае, если описатель релевантного ресурса есть имя типа и существует более одного ресурса, удовлетворяющего предусловию. В РДО-языке определены следующие способы выбора:

- *first* – использовать первые попавшиеся ресурсы, удовлетворяющие предусловиям;

- *with_max* <арифметическое выражение> – использовать такую комбинацию релевантных ресурсов, для которой значение указанного арифметического выражения максимально;

- *with_min* <арифметическое выражение> – использовать такую комбинацию релевантных ресурсов, для которой значение указанного арифметического выражения минимально.

Арифметическое выражение в способе выбора должно быть целого или вещественного типа, в нем могут использоваться параметры всех релевантных ресурсов образца, так как оно вычисляется после подбора всех релевантных ресурсов комбинации.

Указание способа выбора релевантных ресурсов после описания релевантных ресурсов не является обязательным. Если он указан, РДО-имитатор производит анализ предусловий и подбор комбинаций релевантных ресурсов. Если же способ выбора не указан, то он должен быть указан в теле образца отдельно для каждого релевантного ресурса. В последнем случае РДО-имитатор подбирает не комбинацию

ции ресурсов, а каждый релевантный ресурс по отдельности и, возможно, с различными способами выбора. В арифметическом выражении для способа выбора в этом случае не могут использоваться параметры релевантных ресурсов, которые следуют в описании релевантных ресурсов образца после данного. Релевантные ресурсы выбираются последовательно без возвратов, то есть выбранный ранее ресурс не может быть изменен, если при подборе следующего окажется, что операция не может быть выполнена из-за неудачного подбора предыдущих ресурсов. Такая операция не может быть выполнена, хотя она могла бы быть выполнена при другой комбинации релевантных ресурсов.

Задание способа выбора релевантных ресурсов в этом месте образца позволяет избежать подобных ситуаций, а также подбирать наиболее предпочтительные комбинации ресурсов. Однако поскольку для этого анализируются все возможные по предусловиям комбинации, это требует больших вычислительных затрат, чем при подборе ресурсов по отдельности. Поэтому данный способ рекомендуется использовать только тогда, когда это действительно необходимо.

Выражение времени представляет собой арифметическое выражение целого или вещественного типа, по которому рассчитывается длительность операции или клавиатурной операции. В образцах типа *rule* выражение времени вместе с зарезервированным словом *\$Time* и знаком равенства не указывают.

Тело образца имеет следующий формат:

```
<имя_релевантного_ресурса> <правило_использования>
{ <имя_релевантного_ресурса> <правило_использования> }.
```

Имена релевантных ресурсов должны следовать в том порядке, в котором они указаны в описании релевантных ресурсов образца. Правило использования должно быть указано для каждого ресурса и в зависимости от типа образца имеет форматы:

для образца типа *operation* и *keyboard*
 <предусловие> [*Convert_begin* <конвертор>]
 [*Convert_end* <конвертор>];

для образца типа *irregular_event*
 [*Convert_event* <конвертор>];

для образца типа *rule*
 <предусловие> [*Convert_rule* <конвертор>].

Конвертор и указанное перед ним зарезервированное слово должны присутствовать в образце в том случае, если соответствующий статус конвертора, указанный при описании релевантных ресурсов, есть *Keep* или *Create*. Если статус конвертора есть *Create*, то после зарезервированного слова может быть указан признак трассировки для создаваемого ресурса.

Предусловие записывают в следующем формате:

```
Choice from <логическое_выражение>  

<способ_выбора>
```

или

```
Choice NoCheck <способ_выбора>.
```

Логическое выражение определяет предусловие использования ресурса (возможность выполнения операции или правила). Если нет необходимости в предусловии, то это указывают зарезервированным словом *NoCheck*.

Способ выбора задается так же, как и после описания релевантных ресурсов образца. Если он не указан после описания релевантных ресурсов образца, он должен быть указан в теле образца для каждого релевантного ресурса после логического выражения. Способ выбора должен быть задан также в случае, когда описатель релевантного ресурса есть имя конкретного ресурса и не существует альтернативы выбора. При этом можно использовать любой способ выбора (лучше *first*, чтобы не производить лишних вычислений арифметического выражения), результат будет одинаковым. Если состояние этого ресурса удовлетворяет предусловию, то ресурс может быть использован независимо от способа выбора, если же не удовлетворяет, то также независимо от способа выбора ресурс не может быть использован.

Если способ выбора указан после описания релевантных ресурсов образца, в теле образца он должен отсутствовать для всех релевантных ресурсов.

Конвертор записывают в следующем формате:

```
<конвертор_параметра_релевантного_ресурса>  

{ <конвертор_параметра_релевантного_ресурса> }.
```

Конвертор параметра релевантного ресурса имеет формат:

```
<имя_параметра> set <арифметическое_выражение>
```

или <имя_параметра> *NoChange*.

Арифметическое выражение должно иметь тот же тип, что и параметр, которому присваи-

вается значение. Для вещественного параметра выражение может иметь целый тип. Зарезервированное слово *NoChange* указывает, что значение данного параметра не изменяется.

Конверторы параметров могут быть указаны в произвольном порядке и не для всех

параметров. Если конвертор параметра не указан, подразумевается, что значение параметра не изменяется. Для конверторов, имеющих статус *Create*, задание нового значения каждого параметра обязательно.

Приведем примеры записи образцов:

\$Pattern Образец_1 : *operation*

\$Parameters

Количество : *integer* = 10

\$Relevant_resources

Рел_ресурс_1:Ресурс_1 *NoChange NoChange*

Рел_ресурс_2:Ресурс_2 *NoChange Keep*

Рел_ресурс_3:Тип_1 *Keep Keep*

\$Time = Количество * 0.5 + Функция_1(Количество + 1, 5.0) +
2.0 * (Ресурс_1.Параметр_2 + Рел_ресурс_3.Параметр_1)

\$Body

Рел_ресурс_1

Choice from Рел_ресурс_1.Параметр_1 > 0 *and*
Рел_ресурс_1.Параметр_5 = Свободен

first

Рел_ресурс_2

Choice NoCheck first

Convert_end

Параметр_1 *set* Рел_ресурс_2.Параметр_1 + Количество

Параметр_3 *set* Таблица_2(Значение_4, 2)

Параметр_6 *NoChange*

Рел_ресурс_3

Choice from

Рел_ресурс_3.Параметр_1 + Рел_ресурс_2.Параметр_1 >=

Количество *and* [Рел_ресурс_1.Параметр_5 = Свободен *or*

Рел_ресурс_1.Параметр_5 = Разгрузка]

with_max (Рел_ресурс_3.Параметр_1 * Рел_ресурс_3.Параметр_4)

Convert_begin

Параметр_1 *set* Рел_ресурс_3.Параметр_1 +

Рел_ресурс_2.Параметр_1 + Рел_ресурс_1.Параметр_1

Параметр_5 *set* Занят

Convert_end

Параметр_4 *set* Последовательность_3(Рел_ресурс_3.Параметр_2, 0.2)

Параметр_5 *set* Свободен

\$End.

\$Pattern Образец_2 : *rule*

\$Parameters

Количество : *integer*

Число : *real* = 2.5

\$Relevant_resources

Рел_ресурс_1 : Ресурс_1 *NoChange*

Рел_ресурс_2 : Тип_1 *Keep*

\$Body

Рел_ресурс_1

Choice from Рел_ресурс_1.Параметр_1 > 0 *and*

Рел_ресурс_1.Параметр_5 = Свободен

first

Рел_ресурс_2

Choice from Рел_ресурс_2.Параметр_1 >= Количество and
[Рел_ресурс_1.Параметр_5 = Свободен or
Рел_ресурс_1.Параметр_5 = Разгрузка]

with max (Рел_ресурс_2.Параметр_1 * Рел_ресурс_2.Параметр_4)

Convert_rule

Параметр_4 set Число + Последовательность_3(Рел_ресурс_2.
Параметр_2, 0.2)

Параметр_5 set Свободен

\$End.

4.11.10. ОПИСАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Операции определяют содержимое базы знаний программы (модели) и описываются в отдельном объекте. Объект операций имеет следующий формат:

\$Operations

<описание_операции> {<описание_операции>}

\$End.

Описание каждой операции имеет следующий формат:

<имя_операции> : <имя_образца> <значения_параметров_образца>.

Имя операции представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех операций и не должны совпадать с ранее определенными именами.

Имя образца – это имя одного из образцов, описанных в объекте образцов. Значения параметров образца задают в позиционном соответствии с порядком следования параметров в описании образца. Значения задают целой или вещественной численной константой либо именем значения в соответствии с типом параметра. Для тех параметров, у которых указано значение по умолчанию, вместо начального значения можно указать символ "***". В этом случае параметр примет значение по умолчанию. Если для параметра задан диапазон возможных значений, то проверяется соответствие начального значения этому диапазону.

Например, возможны следующие описания операций:

\$Operations

Операция_1 : Образец_1	5	
Операция_2 : Образец_1	*	
Правило_1 : Образец_2	10	1.0
Правило_2 : Образец_2	10	*

\$End.

Образцы не имеют самостоятельного значения и должны быть использованы при

описании операций. Имитатор в процессе моделирования проверяет возможность выполнения именно операций, а не образцов, поэтому если какой-либо образец был описан в объекте образцов, но ни разу не упоминался в объекте операций, то он никогда не будет использован.

Способ записи клавиатурных операций несколько отличается от рассмотренного выше и позволяет в РДО разрабатывать интерактивные программы. Для этой цели используются образцы типа *keyboard*. Каждой клавиатурной операции ставится в соответствие клавиша или комбинация клавишей. В момент нажатия этой клавиши проверяются предусловия и, если они выполняются, инициируется событие начала клавиатурной операции. Дальнейший ход этой операции ничем не отличается от выполнения операции других типов. Таким образом, единственным отличием клавиатурной операции является то, что для ее начала недостаточно выполнения предусловий, сформулированных в образце, а необходимо, чтобы еще была нажата соответствующая клавиша.

Клавиатурная операция также может быть инициирована нажатием кнопки мыши в активной области кадра анимации, связанной с этой операцией. Механизм выполнения клавиатурной операции при нажатии кнопки мыши ничем не отличается от ее выполнения при нажатии клавиши (комбинации клавишей) на клавиатуре. Одной клавиатурной операции может быть поставлена в соответствие только одна уникальная комбинация клавишей и любое количество активных областей в кадре анимации.

Описание релевантных ресурсов образца для образцов типа клавиатурная операция имеет формат, аналогичный формату образца типа операция:

<имя_релевантного_ресурса> : <описатель>
<статус_конвертора_начала> <статус_конвертора_конца>.

4.11.6. Сочетания статусов начала и конца в образцах клавиатурных операций

Статус конвертора начала	Статус конвертора конца
<i>Keep</i>	<i>Keep</i> <i>Erase</i> <i>NoChange</i>
<i>Create</i>	<i>Keep</i> <i>Erase</i> <i>NoChange</i>
<i>Erase</i>	<i>NonExist</i>
<i>NonExist</i>	<i>Create</i>
<i>NoChange</i>	<i>Keep</i> <i>Erase</i> <i>NoChange</i>

В образцах клавиатурных операций (*keyboard*) возможны, аналогично образцам типа *operation*, следующие сочетания статусов начала и конца (табл. 4.11.6).

Выражение времени *\$Time* в рассматриваемых образцах представляет собой арифметическое выражение целого или вещественного типа, по которому рассчитывается длительность клавиатурной операции.

Тело образца имеет следующий формат:

```
<имя_релевантного_ресурса> <правило_использования>
{ <имя_релевантного_ресурса> <правило_использования> }.
```

Статусы *Create*, *Erase* и *NonExist* допустимы только для ресурсов временного вида. Статус *Create* может использоваться только в том случае, если описатель есть имя типа ресурса.

В описании клавиатурной операции после имени образца указывают код клавиши, при нажатии которой производится попытка выполнить операцию. После кода указывают значения параметров образца, если они есть.

Код клавиши может быть задан следующими способами. Для использования цифровой или буквенной клавиши достаточно указать в кавычках соответствующую букву или цифру. Названия буквенных клавишей указываются прописными латинскими буквами. Например, следующие клавиатурные операции будут выполняться при нажатии клавишей с цифрой 5 и буквой R соответственно (при выполнении остальных предусловий).

Клавиатурная_операция_1 : Образец_клавиатурной_операции "5" 12
Клавиатурная_операция_R : Образец_клавиатурной_операции "R" 25.

Кроме буквенных и цифровых клавишей могут быть использованы некоторые другие клавиши. Эти клавиши с идентификаторами, которые необходимо указать для их использования в описании клавиатурных операций, приведены в таблице (табл. 4.11.7).

Все перечисленные выше клавиши (кроме SHIFT и CONTROL) могут быть использованы совместно с управляющими клавишами SHIFT и CONTROL, а также с двумя этими клавишами, нажатыми одновременно. Приведенные ниже примеры показывают способ записи комбинаций клавишей при описании клавиатурных операций.

Shift_стрелка : Образец_клав_операции SHIFT + RIGHT
Ctrl_стрелка : Образец_клав_операции CONTROL + RIGHT
Shift_Ctrl_стрелка: Образец_клав_операции SHIFT + CONTROL + RIGHT.

Описанные выше клавиатурные операции будут выполняться при одновременном нажатии двух клавишей Shift и стрелка вправо, Ctrl и стрелка вправо, при одновременном нажатии трех клавишей – Shift, Ctrl и стрелка вправо.

Клавиатурная операция может не иметь кода клавиши. В этом случае при ее описании вместо кода клавиши указывается слово NOKEY. Такие клавиатурные операции используются в том случае, когда для их инициализации используются активные области в кадре анимации и нет необходимости в назначении клавишей.

Каждая комбинация клавишей может быть присвоена только одной клавиатурной операции. Запрещенными являются следующие комбинации, используемые в РДО-имитаторе для переключения режимов моделирования:

- CONTROL + A
- SHIFT + CONTROL + A
- CONTROL + R
- SHIFT + CONTROL + R
- CONTROL + M
- SHIFT + CONTROL + M.

4.11.7. Описание клавиатурных операций

Идентификатор	Клавиша
ESCAPE	Клавиша выхода (ESC)
F2 – F12	Функциональные клавиши F2 – F12 (кроме F1, которая используется в приложениях Windows для вызова подсказки)
TAB	Клавиша табуляции
SHIFT	Клавиша смены регистра (Shift)
CONTROL	Клавиша Ctrl
BACK	Клавиша Backspace
RETURN	Клавиша возврата (Enter)
INSERT	Клавиша вставки (Ins)
HOME	Клавиша перехода в начало (Home)
PRIOR	Клавиша перемещения на страницу вверх (Page Up)
DELETE	Клавиша удаления (Delete)
END	Клавиша End
NEXT	Клавиша перемещения на страницу вниз (Page Down)
UP	Стрелка вверх
LEFT	Стрелка влево
DOWN	Стрелка вниз
RIGHT	Стрелка вправо
NUMPAD0 – NUMPAD9	Клавиши 0 – 9 на цифровой клавиатуре при включенной клавише Num Lock
DIVIDE	Клавиша деления на цифровой клавиатуре
MULTIPLY	Клавиша умножения на цифровой клавиатуре
SUBTRACT	Клавиша вычитания на цифровой клавиатуре
ADD	Клавиша сложения на цифровой клавиатуре
CLEAR	Клавиша 5 на цифровой клавиатуре при отключенной клавише Num Lock
SPACE	Пробел
DECIMAL	Точка на цифровой клавиатуре при включенной клавише Num Lock

Активные области, инициирующие выполнение клавиатурных операций при нажатии кнопки мыши, описываются в объекте кадров анимации. Активная область – это элемент отображения, невидимый на экране. Формат описания активной области похож на формат описания элементов отображения:

"active" <имя_клавиатурной_операции>

"[" <X-координата> ","

<Y-координата> "," <ширина> "," <высота> "]"

Активная область задается зарезервированным словом *active*, за которым записывают имя клавиатурной операции, которая будет инициирована при нажатии кнопки мыши, и параметры. Активная область представляет собой прямоугольник с координатами левого верхнего угла <X-координата> и <Y-координата> и размерами <ширина> и <высота>. Координаты и размеры области задают арифметическими выражениями, следовательно область может изменяться в

размерах и перемещаться при изменении значений этих выражений.

Активная область может быть задана везде, где могут быть записаны видимые элементы отображения. Она может входить в состав безусловных и условных множеств отображения, в последнем случае область является активной только тогда, когда выполняются условия показа множества, в которое она входит:

active [360, Прямоугольник.Y, 80, 22].

В этом примере описана активная область размером 80 на 22 пиксела, движущаяся по оси Y.

Активная область невидима, для того, чтобы увидеть ее, нужно изобразить на этом же месте кадра видимый элемент отображения, например, прямоугольник:

```
rect [360, Прямоугольник.Y, 80, 22,
transparent, <255 255 0> ]
active [360, Прямоугольник.Y, 80, 22].
```

В этом примере активная область накладывается на прозрачный прямоугольник с границей желтого цвета, что позволяет легко попасть в эту область мышью.

Еще один пример показывает запись активной области в составе условного множества отображения.

```
Show_if Прямоугольник.Y <= 500
rect [360, Прямоугольник.Y, 80, 22,
transparent, <255 255 0> ]
active [360, Прямоугольник.Y, 80, 22].
```

Записанная таким образом активная область и совпадающий с ней по координатам прямоугольник будут появляться на экране, только если значение параметра Y ресурса Прямоугольник меньше или равно 500.

4.11.11. ОБЪЕКТ ОПИСАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Показатели, которые требуется собрать в процессе прогона модели, описываются в отдельном объекте следующего формата:

```
$Results
<описание_показателя>
{ <описание_показателя> }
$End.
```

В свою очередь описание отдельного показателя имеет формат:

```
<имя_показателя> : [ trace | no_trace ]
<вид_показателя> <описатель>.
```

Имя показателя представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех показателей и не должны совпадать с ранее определенными именами.

Для показателя может быть указан признак трассировки.

В РДО-имитаторе собираются показатели следующих видов:

- *watch_par* – наблюдать значение параметра ресурса;
- *watch_state* – наблюдать состояние системы;
- *watch_quant* – наблюдать количество временных ресурсов;
- *watch_value* – наблюдать значение параметра временного ресурса в момент уничтожения ресурса;
- *get_value* – наблюдать значение в момент окончания прогона.

Формат описателя зависит от вида показателя.

watch_par <имя_параметра_ресурса>.

Параметр ресурса должен быть целого или вещественного типа. В процессе прогона наблюдаются изменения значения указанного параметра и по окончании выводится статистическая информация о значении параметра в течение прогона.

watch_state <логическое_выражение>.

В процессе прогона наблюдаются изменения значения указанного логического выражения и по окончании выводится статистическая информация о времени, в течение которого это выражение было истинным. Этот показатель дает возможность собирать статистику о времени пребывания системы в некотором состоянии, описанном логическим выражением.

watch_quant <имя_типа> [*NoCheck* | <логическое_выражение>].

Логическое выражение описывает условие, которому должно удовлетворять состояние временного ресурса. В процессе прогона наблюдаются изменения количества временных ресурсов указанного типа в системе, состояние которых удовлетворяет условию, и по окончании выводится статистическая информация о количестве в течение прогона. Если необходимо наблюдать количество ресурсов данного типа независимо от состояния, то вместо логического выражения указывается заре-

зервированное слово *NoCheck*. В логическом выражении для использования значений параметров временных ресурсов указывают конструкцию *<имя_типа>.<имя_параметра>*, где имя типа должно совпадать с именем, записанным после зарезервированного слова *watch_quant*.

watch_value <имя_типа> [NoCheck | <логическое_выражение>]
<арифметическое_выражение>.

Арифметическое выражение должно быть целого или вещественного типа. В процессе прогона собирается статистическая информация о значении указанного арифметического выражения в момент уничтожения какого-либо ресурса указанного типа, состояние которого удовлетворяет условию. В логическом и арифметическом выражениях для использования значений параметров временных ресурсов указывается конструкция *<имя_типа>.<имя_параметра>*, где имя типа должно совпадать с именем, указанным после зарезервированного слова *watch_value*.

get_value <арифметическое_выражение>.

В объект результатов выводится значение арифметического выражения, вычисленное в момент окончания прогона.

Примеры записи показателей:

Показатель_1 : *trace watch_state*
 Ресурс_2.Параметр_5 = Занят
 Показатель_2 : *watch_state*
 Ресурс_2.Параметр_5 =
 Занят and Ресурс_1.
 Параметр_1 > 10
 Показатель_3 : *watch_par*
 Ресурс_1.Параметр_1
 Показатель_4 : *watch_par*
 Ресурс_2.Параметр_2
 Показатель_5 : *trace watch_quant*
 Тип_2 NoCheck
 Показатель_6 : *trace watch_quant Тип_2*
 Тип_2.Параметр_3 <= 10.0
 Показатель_7 : *watch_value Тип_2 NoCheck*
 Тип_2.Время_поступления
 Показатель_8 : *watch_value Тип_2 Тип_2.*
 Параметр_3 < 20.0
 Тип_2.Время_поступления
 Показатель_9 : *get_value Ресурс_1.Параметр_1*
 * Системное_время
 Показатель_10 : *get_value Системное_время.*

4.11.12. ОПИСАНИЕ КАДРОВ

Описание кадров производится в отдельном объекте, который является исходным для системы отображения. Этот объект имеет тип *frm*. Кадр представляет собой прямоугольную область экрана, в которой производится отображение. Он состоит из фоновой картинкой и переменных элементов (элементов отображения или спрайтов), состав, форма, размеры и расположение которых определяются состоянием системы и, следовательно, могут изменяться во время просмотра кадра. Описание кадра имеет следующий формат.

\$Frame <имя_кадра>
[Show_if <условие_показа_кадра>]
\$Back_picture = <описание_фоновой_картинки>
[<описание_элементов_отображения>]
\$End.

Имя кадра представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех кадров и не должны совпадать с ранее определенными именами. Условие показа кадра используется при автоматическом переключении кадров и представляет собой логическое выражение. Это логическое выражение вычисляется при каждом событии. Если оно истинно, то кадр отображается, если ложно – то нет. Если при очередном событии значение выражения меняется, то кадр появляется на экране либо исчезает. Условие показа вместе с зарезервированным словом *Show_if* может отсутствовать. Кадры с заданным условием показа называют условными. Если при некотором состоянии моделируемой системы выполняются условия показа нескольких условных кадров, то отображается тот из них, который в объекте описания кадров встречается раньше других.

Пример условия показа кадра:

Show_if Time_now > 0.2 and Time_now <= 0.3.

Такой условный кадр будет изображаться, если время в моделируемой системе находится в интервале от 0,2 до 0,3. При первом событии после того, как системное время станет больше 0,2 кадр автоматически появится на экране, при первом событии после 0,3 кадр автоматически исчезнет.

Описание фоновой картинкой имеет следующий формат.

["<" цвет_фона ">"] (<размеры_кадра>|<имя_объекта_фона>).

Цвет фона задает цвет части кадра, которая находится за пределами фоновой картинки. Цвет задается тремя численными константами целого типа, разделенными пробелами и заключенными в угловые скобки. Каждое число должно находиться в диапазоне 0...255, оно задает интенсивность одной из трех цветовых составляющих: первое – красной, второе – зеленой и третье – синей. Примеры описания различных цветов приведены ниже.

<0	0	0>	– черный
<255	0	0>	– красный
<0	255	0>	– зеленый
<0	0	255>	– синий
<255	255	0>	– желтый
<255	255	255>	– белый
<127	127	127>	– серый.

Цвет фона является необязательным параметром. Если он не задан, используется значение по умолчанию, равное <0 100 0> (это значение соответствует темно-зеленому цвету).

Для описания фоновой картинке задают либо имя объекта, содержащего фоновое изображение, либо размер фоновой картинки. Объект фоновой картинке должен быть растровым изображением, сохраненным в формате независимой от устройства битовой карты (BMP-формате) и иметь тип *bmp*. Такой объект может быть создан графическими редакторами, такими как *Paintbrush*, *CorelDraw* и др.

Имеется другая возможность задания фоновой картинке. Для этого вместо имени объекта указывают размеры фоновой картинке. В этом случае РДО-имитатор сам создает фоновую картинку, которая представляет собой прямоугольник указанного размера с цветом фона и границей черного цвета толщиной в один пиксел. Размеры задают двумя численными константами целого типа. Первое число задает ширину фоновой картинке и должно быть в диапазоне 1...800, второе число задает высоту и должно находиться в диапазоне 1...600.

Элементы отображения разбивают на множества отображения. Множества бывают условными (элементы множества отображаются только в том случае, если условие показа истинно) и безусловными. Формат описания условного множества:

```
Show_if <условие показа>
<элемент_отображения>
{ <элемент_отображения> }.
```

Формат описания безусловного множества:

```
Show
<элемент_отображения>
{ <элемент_отображения> }.
```

В кадре может быть произвольное количество условных и безусловных множеств, они могут располагаться в произвольном порядке. Количество и порядок следования элементов отображения в множестве также произвольны. Условие показа представляет собой логическое выражение. Элемент отображения (спрайт) имеет следующий формат:

```
<тип_элемента> "[" <свойства_элемента> "]".
```

Тип элемента задают одним из следующих зарезервированных слов:

- *text* – текстовый элемент;
- *bitmap* – битовая карта;
- *rect* – прямоугольник;
- *line* – отрезок прямой;
- *ellipse* – эллипс (окружность);
- *r_rect* – прямоугольник со скругленными углами;
- *triang* – треугольник;
- *s_bmp* – масштабируемая битовая карта.

Порядок записи, количество и смысл свойств элемента зависят от типа элемента. Свойства элементов записываются в прямых скобках и разделяются запятыми.

Первые два свойства элементов всех типов – их координаты. Координаты элемента есть координаты в пикселах левого верхнего угла прямоугольника, являющегося границей элемента. Их задают арифметическими выражениями, они являются относительными, то есть отсчитываются от левого верхнего угла кадра вправо и вниз. Если результат вычисления арифметического выражения имеет вещественный тип, то координата вычисляется по правилам округления.

Свойствами многих элементов являются также размеры (ширина и высота в пикселах) и цвета. Размеры элемента задают арифметическими выражениями, вещественные значения округляются до целого числа пикселов. Задавая разные значения цветовых составляющих, можно получить до шестнадцати миллионов цветов. Реальное максимально возможное количество цветов определяется видеоадаптером

и режимом его работы. Если видеоадаптер не может изобразить заданный цвет, то система Windows заменяет заданный цвет ближайшим из числа возможных. Фон текстовых элементов и внутренние части фигур могут быть также прозрачными. Для этого необходимо вместо цвета фона записать зарезервированное слово *transparent*.

При изменении состояния модели значения выражений, определяющих координаты и размеры элемента, могут изменяться, то есть элемент может перемещаться по экрану и меняться в размерах. Если при этом элемент выходит за границы кадра, то он автоматически усекается. Прорисовка элементов происходит в том порядке, как они описаны в объекте кадров, то есть при наложении элементов тот из них, который описан в объекте раньше, будет скрыт (полностью или частично) под элементом, описанным позже.

Текстовый элемент (*text*) имеет формат:

```
"text" "[" <X-координата> "," <Y-координата>
"," <ширина> "," <высота> "," <цвет_фона> ","
<цвет> "," [ <способ_размещения> ] <содержи-
мое> "]"
```

Способ размещения задает размещение выводимой строки (содержимого) в поле элемента. Он может быть опущен, в этом случае строка сдвигается к левому краю. Способ размещения задает одним из следующих символов:

- "<" — сдвинуть к левому краю;
- "=" — выровнять по центру;
- ">" — сдвинуть к правому краю.

В том случае, если длина выводимой строки больше ширины элемента, строка усекается.

Содержимое элемента описывают одним из следующих способов:

- арифметическим выражением (выводимая строка представляет собой результат вычисления выражения; это целое либо вещественное число или имя значения перечислимого типа);
- строковой константой (выводимой строке присваивается значение строковой константы).

Для изображения строк текста используется системный шрифт Windows.

Примеры текстовых элементов.

```
text [330, 5, 100, 18, transparent, <255 255 255>,
= 'Модель: ROB5']
```

```
text [ TP.Координата, 20+TP.Координата/5, 50,
15, <0 0 255>, <255 255 0>,
K1.Количество_деталей + 1].
```

Первый пример описывает неподвижный текстовый элемент размером 100 × 18 пикселей, левый верхний угол которого расположен в точке с координатами (330, 5). В элементе на прозрачном фоне белым цветом изображается строка текста "Модель: ROB5", центрированная относительно границ элемента.

Второй пример описывает текстовый элемент размером 50 × 15 пикселей, перемещающийся по экрану при изменении значения параметра Координата ресурса TP. В элементе на синем фоне желтым цветом изображается увеличенное на 1 значение параметра Количество_деталей ресурса K1 (целое число), сдвинутое к левой границе элемента (по умолчанию).

Битовая карта (*bitmap*) имеет следующий формат:

```
"bitmap" "[" <X-координата> ","
<Y-координата> ","
<имя_объекта_битовой_карты> ","
<имя_объекта_маски> "]"
```

Для создания элемента отображения в виде битового образа произвольной формы необходимы два объекта: объект изображения и объект маски. Оба этих объекта должны иметь формат аппаратно независимой битовой карты (BMP-формат). Они могут быть созданы с помощью графического редактора. Имена этих объектов без типа указывают в описании свойств элемента. Тип объектов должен быть *bmp*.

Объект изображения содержит рисунок элемента (спрайта), изображенный на черном фоне, маска содержит силуэт спрайта, она черная на белом фоне. Такое сочетание изображения и маски приводит к тому, что в тех областях, где маска черная, будет изображаться рисунок спрайта, а там, где маска белая, будет виден фон, на котором изображается элемент. Элемент типа битовая карта:

```
bitmap [TP.Координата_X, TP.Координата_Y,
face1, face1m].
```

Масштабируемая битовая карта (*s_bmp*) имеет формат:

```
"s_bmp" "[" <X-координата> "," <Y-координата> "," <ширина> "," <высота> "," <имя_объекта_битовой_карты> "," <имя_объекта_маски> "]"
```

Элементы этого типа описывают аналогично битовым картам за исключением того, что после координат записывают арифметические выражения для вычисления размеров элемента. Исходный битовый образ, находящийся в объектах изображения и маски, растягивается или сжимается независимо по двум осям так, чтобы его размеры стали равны размерам элемента. Пример элемента типа масштабируемая битовая карта:

```
s_bmp [TP.Координата, 280, 50*TP.Координата/200, 40, ring, ringm].
```

В этом примере исходный битовый образ перемещается по оси X и масштабируется (изменяется его ширина) при изменении значения параметра Координата ресурса TP. Если исходный битовый образ имеет ширину 50 пикселей, то при TP.Координата<200 происходит сжатие по оси X, а при TP.Координата>200 – растяжение.

Прямоугольник (*rect*) имеет формат:

```
"rect" "[" <X-координата> "," <Y-координата> "," <ширина> "," <высота> "," <цвет_фона> "," <цвет> "]"
```

Этот элемент изображает в заданных координатах прямоугольник заданного размера с указанным цветом границы и заполнения. Стороны прямоугольника параллельны координатным осям. Граница изображается линией толщиной в один пиксел:

```
rect [360, Прямоугольник.Y, 80, 22, transparent, <255 255 0>].
```

В этом примере изображается прозрачный прямоугольник размером 80 × 22 пиксела, движущийся по оси Y. Граница прямоугольника имеет желтый цвет.

Прямоугольник со скругленными углами (*r_rect*) имеет формат:

```
"r_rect" "[" <X-координата> "," <Y-координата> "," <ширина> "," <высота> "," <цвет_фона> "," <цвет> "]"
```

Этот элемент описывается так же, как и прямоугольник. Различие в изображении со-

стоит в скруглении углов прямоугольника, которое производится дугой окружности с радиусом, равным минимальному из двух размеров прямоугольника, деленным на два. Приведенный ниже пример описывает движущийся и изменяющийся в размерах прямоугольник со скругленными углами красного цвета с желтой границей толщиной в 1 пиксел:

```
r_rect [ 350-TP.Координата/4.0, 280-(350-TP.Координата)/6.0, (350-TP.Координата)/3.0, TP.Координата/3, <255 0 0>, <255 255 0>].
```

Отрезок прямой (*line*) имеет формат:

```
"line" "[" <X-координата_1> "," <Y-координата_1> "," <X-координата_2> "," <Y-координата_2> "," <цвет> "]"
```

Этот элемент изображает отрезок прямой заданного цвета между двумя точками с указанными координатами. Толщина линии равна одному пикселу.

Эллипс (*ellipse*) описывается в формате:

```
"ellipse" "[" <X-координата> "," <Y-координата> "," <ширина> "," <высота> "," <цвет_фона> "," <цвет> "]"
```

Этот элемент изображает в заданных координатах эллипс с заданными длинами осей с указанным цветом границы и заполнения. Оси эллипса параллельны координатным осям. Координаты задают положение левого верхнего угла описанного прямоугольника со сторонами, параллельными координатным осям. Ширина определяет длину оси эллипса, параллельной оси X, высота – длину оси эллипса, параллельной оси Y. Граница изображается линией толщиной в один пиксел.

Треугольник (*triang*) имеет формат:

```
"triang" "[" <X-координата_1> "," <Y-координата_1> "," <X-координата_2> "," <Y-координата_2> "," <X-координата_3> "," <Y-координата_3> "," <цвет_фона> "," <цвет> "]"
```

Треугольник задается координатами трех его вершин. Как у прямоугольников и эллипсов, внутренняя область треугольника может быть прозрачной или иметь какой-либо цвет. Граница треугольника изображается линией указанного цвета толщиной в один пиксел.

Ниже приведены примеры множеств отображения.

Show

```

triang [ Система1.X_коорд1, Система1.Y_коорд1, Система1.X_коорд2, Система1.Y_коорд2,
          Система1.X_коорд3, Система1.Y_коорд3,
          <255 0 0>, <255 255 0> ]
ellipse [ Система2.X_коорд1, Система2.Y_коорд1, 50, 50,
          <0 0 255>, <255 255 0> ]
bitmap [ Система3.X_коорд1 – 20, Система3.Y_коорд1 – 20, face1, face1m ]
Show_if Система2.X_коорд2 > 30 and Система2.Y_коорд2 > 30 and
          Система2.X_коорд2 < X_размер – 30 and Система2.Y_коорд2 < Y_размер – 30
ellipse [ Система2.X_коорд2 – 30, Система2.Y_коорд2 – 30, 60, 60,
          <0 255 255>, <0 0 255> ]
Show_if Система2.X_коорд2 >= 0 and Система2.X_коорд2 <= 30
ellipse [ 0, Система2.Y_коорд2 – 30, Система2.X_коорд2*2,
          60, <0 255 255>, <0 0 255> ]
ellipse [ Система2.X_коорд2 – 30, 0, 60, Система2.Y_коорд2*2,
          <0 255 255>, <0 0 255> ].

```

Пример полного описания кадра, изображающего различные движущиеся и деформирующиеся фигуры:

\$Frame Кадр_1

\$Back_picture = <0 255 255> *animbg*

Show

```

triang [ Система1.X_коорд1, Система1.Y_коорд1,
          Система1.X_коорд2, Система1.Y_коорд2,
          Система1.X_коорд3, Система1.Y_коорд3, <255 0 0>,
          <255 255 0> ]
text [ Система2.X_коорд1, Система2.Y_коорд1, 100, 20,
        transparent, <255 255 0>, 'Всем привет!']
ellipse [ Система2.X_коорд1, Система2.Y_коорд1, 50, 50,
          <0 0 255>, <255 255 0> ]
r_rect [ Система2.X_коорд3 – 30, Система2.Y_коорд3 –
          20, 60, 40, <255 255 255>, <255 0 255> ]
bitmap [ Система3.X_коорд1 – 20, Система3.Y_коорд1 – 20,
          face1, face1m ]
s_bmp [ Система3.X_коорд2 – 20, Система3.Y_коорд2 – 20,
          Система3.X_коорд2 / 5, Система3.Y_коорд2 / 5,
          ring, ringm ]
line [ Система3.X_коорд3, Система3.Y_коорд3,
          Система3.X_коорд2, Система3.Y_коорд2,
          <255 255 255> ]
Show_if Система2.X_коорд2 > 30 and Система2.Y_коорд2 > 30
          and Система2.X_коорд2 < X_размер – 30 and
          Система2.Y_коорд2 < Y_размер – 30
ellipse [ Система2.X_коорд2 – 30, Система2.Y_коорд2 –
          30, 60, 60, <0 255 255>, <0 0 255> ]
Show_if Система2.X_коорд2 >= 0 and Система2.X_коорд2 <= 30
ellipse [ 0, Система2.Y_коорд2 – 30, Система2.X_коорд2 *
          2, 60, <0 255 255>, <0 0 255> ]
Show_if Система2.Y_коорд2 >= 0 and Система2.Y_коорд2 <= 30
ellipse [ Система2.X_коорд2 – 30, 0, 60, Система2.Y_коорд2
          * 2, <0 255 255>, <0 0 255> ]

```

\$End.

4.11.13. ОБЪЕКТ РЕЗУЛЬТАТОВ

Этот объект создается РДО-имитатором, если в прогоне присутствует объект описания требуемых показателей. Он имеет следующий формат.

```
Results_file = <имя_объекта_результатов>.pmv
               <дата_создания>
Run_file     = <имя_прогона>.smr
Model_name   = <имя_модели>
Resource_file = <имя_объекта_ресурсов>.rss
Oprlev_file  = <имя_объекта_операций>.opr
```

```
$Changes
  <список_изменений>
```

```
$Status = <статус_окончания_моделирования>
```

```
$Result_values <время_начала_сбора_
                 статистической_информации> <время_
                 окончания_сбора_статистической_
                 информации> <время_счета>
                 <служебная_информация>
```

```
<результатирующие_статистики>.
```

Имена модели, объекта ресурсов и объекта операций – это имена, заданные в объекте прогона. Список изменений содержит имена и заданные в объекте прогона новые значения символьных констант, параметров ресурсов и баз генераторов последовательностей. Статус окончания моделирования описывает причину завершения моделирования и может быть одним из следующих:

– *NORMAL_TERMINATION* – нормальное завершение моделирования при выполнении условия окончания моделирования, заданного в прогоне;

– *NO_MORE_EVENTS* – нет больше событий в модели;

– *USER_BREAK* – моделирование завершилось из-за вмешательства пользователя, который завершил РДО-имитатор одной из возможных команд;

– *RUN_TIME_ERROR* – моделирование завершилось из-за ошибки во время счета (информация об ошибке выводится в окно диалога РДО-имитатора).

Время счета – это физическая длительность прогона в секундах. Служебная информация содержит данные, характеризующие сложность имитационной модели и быстродействие компьютера. Сюда входит количество событий в модели за время счета, количество проверок предусловий образцов, количество вычислений арифметических и логических

выражений, а также эти величины, отнесенные к часу модельного времени и к секунде счета компьютера.

Результирующие статистики по каждому показателю выводятся на отдельной строке в порядке следования показателей в объекте описания показателей. Формат этой строки зависит от вида показателя. Ниже приведены форматы для всех видов показателей.

```
watch_state:
<имя_показателя> <текущее_значение>
<количество_наблюдений>
<среднее_значение> <сумма_квадратов>
<минимальное_значение>
<максимальное_значение>.
```

Текущее значение – это значение логического выражения для данного показателя в момент вывода объекта результатов (TRUE – ИСТИНА, FALSE – ЛОЖЬ). Количество наблюдений представляет собой количество интервалов, на которых состояние системы удовлетворяло условию (количество раз, когда логическое выражение приобретало значение ИСТИНА, а затем – ЛОЖЬ). Среднее значение есть отношение времени, в течение которого состояние системы на интервале сбора удовлетворяло условию, к длительности интервала сбора показателя. Сумма квадратов – это сумма квадратов длительностей интервалов, в течение которых состояние системы удовлетворяло условию. Минимальное и максимальное значения – это минимальная и максимальная длительность интервала за время наблюдения (сбора показателя). Например:

```
Показатель_1 FALSE 110 0.1099 1.1000
                0.1000 0.1000
```

```
watch par:
<имя_показателя> <текущее_значение>
<количество_наблюдений>
<среднее_значение> <сумма_квадратов>
<минимальное_значение>
<максимальное_значение>.
```

Текущее значение – это значение параметра в момент вывода объекта результатов. Каждое наблюдение представляет собой произведение длительности интервала, на протяжении которого значение параметра не изменялось, и значения параметра. Количество наблюдений – это количество изменений значения параметра. Среднее значение вычисляется как сумма наблюдений деленная на дли-

тельность интервала наблюдения, т.е. представляет собой усредненное по времени значение параметра. Сумма квадратов – это сумма квадратов наблюдений. Минимальное и максимальное значения – это минимальное и максимальное значения параметра за время наблюдения. Например:

Показатель_3 2 38 1.4507 8615.0102 0 2

watch_quant:

<имя_показателя> <текущее_значение>
<количество_наблюдений>
<среднее_значение> <сумма_квадратов>
<минимальное_значение>
<максимальное_значение>.

Текущее значение – это значение количества ресурсов в момент вывода объекта результатов. Каждое наблюдение представляет собой произведение длительности интервала, на протяжении которого количество ресурсов не изменялось, и количества ресурсов. Количество наблюдений – это число изменений количества ресурсов. Среднее значение вычисляется как сумма наблюдений, деленная на длительность интервала наблюдения, т.е. представляет собой усредненное по времени количество ресурсов. Сумма квадратов – это сумма квадратов наблюдений. Минимальное и максимальное значения – это минимальное и максимальное значения количества ресурсов за время наблюдения. Например:

Показатель_5 9 159 6.2971 4004.3572 1 17

watch_value:

<имя_показателя> <количество_наблюдений>
<среднее_значение>
<среднеквадратичное_отклонение>
<отклонение_среднего>
<минимальное_значение>
<максимальное_значение>.

Каждое наблюдение представляет собой значение арифметического выражения в момент уничтожения временного ресурса. Количество наблюдений – это число уничтоженных временных ресурсов, состояние которых удовлетворяло условию. Среднее значение вычисляется как сумма наблюдений, деленная на количество наблюдений. Среднеквадратичное отклонение вычисляется по известной формуле как корень квадратный из суммы квадратов разностей среднего значения и каждого наблюдения, деленной на количество наблюдений минус 1. Отклонение среднего вычисляет-

ся как среднеквадратичное отклонение, деленное на корень квадратный из числа наблюдений. Минимальное и максимальное значения – это минимальное и максимальное значения арифметического выражения за время наблюдения. Например:

Показатель_7 105 5.5664 2.7038 0.2639
1.6760 13.2216

get_value:

<имя_показателя> <значение>.

Значение есть значение арифметического выражения в момент вывода объекта результатов. Например:

Показатель_9 700.6459

4.11.14. ОБЪЕКТ ПРОГОНА

РДО-имитатор можно запустить как из интегрированной среды моделирования, так и автономно. При автономном запуске необходимо создать объект прогона, который при запуске из интегрированной среды моделирования создается автоматически на основании данных, указанных в диалоговом окне параметров прогона.

В объекте прогона указывают ряд необходимых для управления прогоном данных и режимов. Этот объект состоит из двух частей. Первая часть содержит имена необходимых объектов и режимы прогона. Первой лексемой объекта должно быть зарезервированное слово *Model_name*, за которым после знака равенства должно следовать имя модели. Имя модели – это простое имя, оно не должно совпадать с ранее определенными именами. Далее в первой части объекта в произвольном порядке записываются дескрипторы, описывающие имена объектов и режимы. Формат дескриптора следующий:

<зарезервированное_слово> = <значение>.

Ниже приведены имена зарезервированных слов и возможных значений с пояснениями.

– *Resource_file* – задает имя объекта ресурсов. Значением является имя объекта без расширения.

– *Oprrlev_file* – задает имя объекта операций. Значением является имя объекта без расширения.

– *Frame_file* – задает имя объекта кадров. Значением является имя объекта без расширения. Если дескриптор не указан, кадры не загружаются и не могут быть отображены.

– *Statistic_file* – задает имя объекта описания результирующих показателей. Значением является имя объекта без расширения. Если дескриптор не указан, результирующие показатели не собираются.

– *Results_file* – задает имя объекта результатов. Значением является имя объекта без расширения. Если дескриптор не указан, объект не создается.

– *Trace_file* – задает имя объекта трассировки. Значением является имя объекта без расширения. Если дескриптор не указан, объект не создается.

– *Show_mode* – задает режим отображения при запуске модели. Режимы задаются одним из следующих зарезервированных слов:

NoShow – режим без отображения;

Monitor – режим монитора;

Animation – режим отображения состояния (анимации).

Значение по умолчанию – "*NoShow*".

– *Frame_number* – задает номер кадра из числа описанных в объекте кадров для отображения при запуске модели, если указан соответствующий режим. Номер задается константой целого типа. Значение по умолчанию равно 1.

– *Show_rate* – задает временной масштаб отображения. Указывается вещественной численной константой, равной отношению темпа отображения к модельному времени. Например, при *Show_rate* = 60.0 отображение будет производиться в 60 раз быстрее, т.е. один час модельного времени будет отображаться за одну минуту. Значение по умолчанию – 60.0.

– *Run_StartTime* – задает модельное время, устанавливаемое в начале прогона. Указывается вещественной численной константой. Значение по умолчанию – 0.0.

– *Trace_StartTime* – задает время начала выдачи информации в объект трассировки. Указывается вещественной численной константой. Значение по умолчанию – 0.0.

– *Trace_EndTime* – задает время окончания выдачи информации в объект трассировки. Указывается вещественной численной константой. Значение по умолчанию – 10.0E+30.

Указание имен объектов ресурсов и операций в первой части объекта прогона обязательно. Остальные дескрипторы могут отсутствовать. В этом случае используется значение по умолчанию.

Во второй части объекта задают в произвольном порядке точки останова, условие окончания прогона, новые начальные значения констант, параметров ресурсов и баз генераторов последовательностей. Задание условия окончания прогона имеет следующий формат:

Terminate_if <логическое выражение>.

Прогон будет автоматически завершен в тот момент, когда значением указанного логического выражения станет ИСТИНА. Например:

Terminate_if Time_now > 20.0

Terminate_if Ресурс_2.Параметр_5 = Занят and Ресурс_1.Параметр_1 > 10.

Если условие окончания прогона не задано, автоматического завершения прогона не происходит.

Механизм точек останова служит для повышения удобства отладки моделей. Формат описания точки останова следующий:

Break_point <имя_точки_останова>
<логическое выражение>.

Имя точки останова – это простое имя, оно не должно совпадать с ранее определенными именами. Логическое выражение задает условие, которому должно удовлетворять состояние системы. В тот момент, когда указанное логическое выражение приобретает значение ИСТИНА, происходит прерывание моделирования с выдачей соответствующей информации и РДО-имитатор переходит в режим монитора.

Формат задания нового значения символьных констант:

<имя_константы> = <новое_значение>.

Имя константы – это одно из имен констант, описанных в объекте констант. Новое значение символьной константы задается целой или вещественной численной константой либо именем значения в соответствии с типом константы.

Формат задания нового значения параметров ресурсов:

<имя_ресурса>.<имя_параметра> =
<новое_значение>.

Имя ресурса – это одно из имен ресурсов, заданное в объекте ресурсов. Имя параметра – одно из имен параметров, описанных в объекте типов ресурсов для соответствующего типа. Новое значение задают целой или веществен-

ной численной константой либо именем значения в соответствии с типом параметра.

Формат задания нового начального значения базы генераторов последовательности:

<имя_последовательности>.Seed = <значение>.

Имя последовательности – это одно из имен, указанных в объекте констант при описании последовательностей. Оно идентифицирует последовательность, для которой задается значение базы генератора. Значение задают численной константой целого типа в диапазоне -2147483647...2147483647.

4.11.15. ОБЪЕКТ ТРАССИРОВКИ

Этот объект создается РДО-имитатором, если в объекте прогона присутствует дескриптор, задающий имя объекта трассировки. Объект имеет следующий формат:

Results_file = <имя_объекта_результатов>.pmv
<дата_создания>

Run_file = <имя_прогона>.smg

Model_name = <имя_модели>

Resource_file = <имя_объекта_ресурсов>.rss

Oprlev_file = <имя_объекта_операций>.opr

\$Changes

<список_изменений>

\$Watching

<описание_трассируемого_показателя>

{ <описание_трассируемого_показателя> }

\$Tracing

<трассировка>

\$Status = <статус_окончания_моделирования>

<модельное_время_окончания>

{ <статистика_по_поиску_на_графе> }

"DPS_MM" <объем_использованной_памяти>.

Имена модели, объекта ресурсов и объекта операций – это имена, заданные в объекте прогона. Список изменений содержит имена и новые значения символьных констант, параметров ресурсов и баз генераторов последовательностей, заданные в объекте прогона. Описание трассируемого показателя приводится только для тех показателей, для которых в объекте описания показателей задан признак трассировки *trace*. Описание трассируемого показателя имеет формат:

<имя_показателя> <номер_показателя>

<вид_показателя>.

Имя показателя – это одно из имен, заданных в объекте описания показателей. Номер показателя определяется порядком описания показателей в этом объекте, вид показателя также описан в этом объекте.

Трассировка содержит информацию четырех видов: трассировку событий, трассировку состояния ресурсов, трассировку показателей и трассировку точек принятия решений. Трассировка выдается, только если текущее модельное время больше или равно времени начала трассировки и меньше или равно времени окончания трассировки, а также если в соответствующем объекте (ресурсе, образце, показателе или точке принятия решений) явно указан признак трассировки.

Информация о событии располагается на отдельной строке, которая имеет следующий формат:

"Е" <тип_события> <время> <информация_о_событии>.

Строка трассировки события начинается символом "Е". Второй символ строки определяет тип события. Возможны следующие типы и соответствующие им символы:

S – служебное событие;

B – начало действия;

F – окончание действия;

I – нерегулярное событие;

R – производционное правило.

Поле "время" содержит время наступления события в формате вещественного числа. Далее следует информация о событии, которая зависит от типа события.

Для служебных событий эта информация включает в себя только номер служебного события. В данной версии системы имеется только четыре служебных события:

1 – начало трассировки;

2 – конец трассировки;

3 – начало моделирования;

4 – завершение процесса поиска на графе состояний в точке принятия решений.

Для событий начала и окончания действий информация о событии имеет следующий формат:

<номер_действия> <номер_операции>

<номер_образца>

<количество_релевантных_ресурсов>

<список_номеров>.

Номер действия – это внутренний номер, который имеет действие в имитаторе. Этот

номер необходим, чтобы связать события начала и окончания одного и того же действия.

Следующие два поля содержат номер операции, которая выполнялась в действии, и номер образца этой операции. Далее следует количество релевантных ресурсов действия и список их номеров. Например, элементы строки объекта трассировки модели имеют следующий смысл:

ЕВ	0.271101	1	1	2	1	1
				Список номеров ресурсов		
				Число релевантных ресурсов в списке		
				Номер образца операции		
				Номер операции		
				Номер действия		
		Время наступления события				
Событие – начало действия						

Для нерегулярных событий информация о событии имеет следующий формат:

<номер_нерегулярного_события>
<номер_образца>
<количество_релевантных_ресурсов>
<список_номеров>.

Для продукционных правил информация о событии имеет следующий формат:

<номер_действия> <номер_правила>
<номер_образца>
<количество_релевантных_ресурсов>
<список_номеров>.

Трассировка о событиях выдается, только если текущее модельное время больше или равно времени начала трассировки и меньше или равно времени окончания трассировки и если в соответствующем образце указан признак трассировки *trace*.

Трассировка состояния ресурсов включает в себя информацию обо всех изменениях состояния ресурсов. В момент изменения состояния трассируемого ресурса в объект трассировки выдается отдельная строка следующего формата:

"R" <символ_статуса> <время> <номер_типа>
<номер_ресурса>
<новые_значения_параметров>.

Символ статуса обозначает, что произошло с ресурсом в целом:

- С – ресурс создан;
- Е – ресурс уничтожен;
- К – значения параметров ресурса изменились.

Номер типа и номер ресурса определяет порядком следования типов и ресурсов в объекте описания типов и объекте ресурсов соответственно. Новые значения параметров выводятся в объект в порядке следования параметров при описании типов ресурсов. Для перечислимых параметров выводятся не имена значений, а их номера. При этом первому имени значения присваивается номер 0, второму – 1 и так далее. Например, строка объекта трассировки модели RC 31 1 4 0 расшифровывается следующим образом:

RC	31	1	4	0
				Новые значения параметров
				Номер ресурса
				Номер типа ресурса
				Время изменения состояния
Состояние ресурса – ресурс создан				

Трассировка о состоянии ресурсов выдается только в том случае, если текущее модельное время больше или равно времени начала трассировки и меньше или равно времени окончания трассировки и если для ресурса в объекте ресурсов либо в образце для создаваемых ресурсов указан признак трассировки *"trace"*. Для ресурсов, которые уничтожаются (символ статуса "Е"), новые значения параметров не выводятся.

Строка трассировки показателя имеет следующий формат:

"V" <время> <номер_показателя> <значение>.

Номер показателя – это номер, указанный для трассируемых показателей в секции *\$Watching* объекта трассировки. Трассировка показателей производится в момент изменения значения параметра, количества временных ресурсов, значения логического выражения

(для показателя вида *watch_state*) или в момент уничтожения ресурса (для показателя вида *watch_value*). Значение зависит от вида показателя. Ниже приведены значения для всех видов показателей:

- *watch_par* – новое значение параметра;
- *watch_state* – новое значение логического выражения;
- *watch_quant* – новое значение количества ресурсов;
- *watch_value* – значение арифметического выражения.

Трассировка показателя вида *get_value* не производится.

Глава 4.12

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ИМИТАЦИИ

4.12.1. ЛОГИЧЕСКИЙ ВЫВОД В ГИБРИДНЫХ СИСТЕМАХ

Использование ИМ тесно связано с вопросами управления и принятия решений. Более того, часто неотъемлемой частью ИМ является сама система управления, выполняющая более или менее интеллектуальные функции. Известные средства разработки ИМ имеют весьма слабые возможности моделировать процесс принятия решений, тем более оптимальных. Необходимость сращивания ранее известных моделей и методов с теми, которые предлагают экспертные системы – одна из центральных идей концепции гибридных систем.

РДО-метод дает возможность разработать принципиально новые инструментальные средства моделирования, обладающие гибкостью и универсальностью и позволяющие включать экспертные системы в ИМ. Традиционные продукционные правила можно рассматривать как частный случай модифицированных правил РДО-метода. Более того, грань между ИМ и экспертной системой становится весьма условной, поскольку знания о предметной области для экспертной системы, о поведении ПС для ИМ, об алгоритмах системы управления описываются одинаково. В рамках этого подхода ИМ и экспертная система имеют общие базу данных и базу знаний, вывод в экспертной системе; работа системы управления в ИМ основывается на едином методе поиска решений.

Можно сформулировать основные принципы организации вывода (поиска) в динамических продукционных системах:

– за основу должен быть принят алгоритм поиска на графе состояний, поскольку этот общий алгоритм обладает большой гибкостью и универсальностью и содержит в себе большое разнообразие реализации (в частности, он включает поиск без возвратов и поиск с возвратами);

– пользователю должна быть предоставлена возможность определить подцели поиска; эти подцели должны быть достижимыми и относительно близкими, чтобы вероятность того, что придется искать новое решение в силу внешнего воздействия была незначительной; введение подцелей решает также проблему размерности;

– пользователь должен иметь возможность также определить функции стоимости и эвристические функции для каждой подцели, чтобы повысить эффективность поиска и задать критерии качества решения;

– пользователь должен иметь возможность описать некую подсистему, в которой необходимо производить поиск, поскольку для поиска пути достижения подцели, как правило, нет необходимости рассматривать всю систему;

– поиск пути к каждой подцели в общем случае должен предприниматься при любом изменении состояния системы, т.е. при каждом событии. Однако при формулировании подцелей, как правило, известно, при каких состояниях системы данная подцель заведомо недостижима. Поэтому для повышения эффективности поиска пользователю необходимо предоставить возможность описать состояние системы, при котором необходимо искать путь достижения данной подцели.

Общий подход не накладывает ограничений на предметную область и вид ПС (сохраняется универсальность), но он в то же время направлен на то, чтобы максимально использовать знания пользователя в конкретной предметной области для повышения эффективности. Заметим, что этот подход применим и к поиску решений в традиционных продукционных системах. Для реализации этого подхода пользователь должен иметь возможность описывать в терминах РДО-метода необходимые аспекты поиска в особых объектах, которые могут быть названы "решение". Объект "решение" имеет следующую структуру описаний:

– состояние ПС, при котором необходимо предпринимать поиск решения;

– подмножество ресурсов ПС (части БД), которое необходимо рассматривать, назо-

вем это подмножество локальной релевантной подцели системой;

- подцели (целевое состояние локальной релевантной подцели);
- функции стоимости;
- эвристические оценочные функции.

По существу, каждое "решение" представляет собой алгоритм работы системы управления в определенной ситуации, а множество всех "решений" — полный алгоритм работы системы управления. При этом, используя возможности продукционных систем, можно построить сколь угодно сложные алгоритмы. Эти алгоритмы находятся в БЗ и представляют собой метазнания — знания о том, как пользоваться продукционными правилами, представляющими собой "просто" знания или знания первого уровня.

При возникновении соответствующих условий система управления строит путь к целевому состоянию, используя свои метазнания — "решения". Этот путь представляет собой последовательность действий, которые должны быть выполнены в системе, чтобы привести локальную систему от текущего состояния к целевому. Далее эти действия выполняются ресурсами системы. Функционирование системы состоит, таким образом, в построении системой управления путей к подцелям в определенные моменты времени по определенным правилам и в последующей реализации этих путей. Работа системы управления в акте принятия решения есть вывод в продукционной системе

Для решения задачи поиска в продукционной системе необходимо определить:

- глобальную базу данных;
- набор правил преобразования;
- стратегию управления, где глобальная БД описывает состояние системы, набор правил преобразования определяет законы изменения глобальной БД, а стратегия управления определяет, каким образом применять правила преобразования.

В языке имитационного моделирования РДО эти компоненты могут быть соответственно представлены в объектах:

1. Типов ресурсов и ресурсов (.RTP и .RSS).
2. Образцов операций (.PAT).
3. Точек принятия решения (.DPT).

4.12.2. ПОИСК НА ГРАФЕ

Стратегию поиска решения можно представить как нахождение пути на графе состояний от вершины, представляющей исходную базу данных, к вершине, которая представляет базу данных, удовлетворяющую терминальному условию. Выбор такой стратегии объясняется тем, что она обладает большой гибкостью и универсальностью и, кроме того, содержит в себе большое число реализаций.

Граф $G = (S, E)$ задается двумя множествами:

$S = \{s_i\}$ — множество вершин графа.

Каждой вершине s_i ставится в соответствие состояние системы (база данных);

$E = \{e_{ij} \mid (s_i, s_j) : s_i \in S; s_j \in S\}$ — множество дуг. Каждой дуге e_{ij} , принадлежащей

E и соединяющей пару вершин (рис. 4.12.1), ставится в соответствие правило преобразования (продукционное правило). Если дуга направлена от вершины s_i к вершине s_j , то s_i будет вершиной-родителем, а s_j — вершиной-потомком (преемником). В графах, представляющих интерес для поиска, у каждой вершины должно быть конечное число вершин-преемников. С дугой может быть связана некоторая величина c_{ij} — стоимость дуги, она отражает затраты (в смысле заданного критерия оптимизации) применения соответствующего правила.

В графе имеются две особые вершины:

s_0 — начальная вершина, другими словами, вершина, представляющая собой исходную базу данных;

s_t — целевая вершина, иначе, вершина, представляющая собой базу данных, удовлетворяющую терминальному условию поиска.

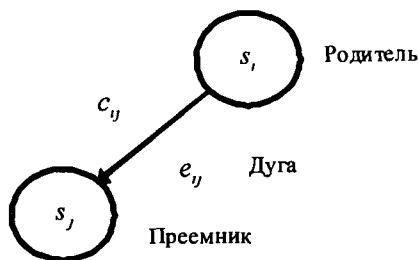


Рис. 4.12.1. Простейший граф состояний

Таких вершин может быть не одна, а множество, и такое множество будет называться целевым множеством.

Путь в графе – последовательность вершин, в которой каждая последующая является приемником:

$$m = (s_n, s_{n+1}, s_{n+2}, \dots, s_{n+k}),$$

где $k+1$ – длина пути.

Каждому пути m ставится в соответствие его стоимость, которая равна сумме стоимостей применения правил по всему пути на графе G .

В языке РДО в объекте точек принятия решения DPT используется неявно заданный граф И/ИЛИ.

Неявное задание означает, что определены начальная вершины s_0 и множество операторов (правил преобразования), которые, будучи применены к вершине графа, дают все дочерние вершины (вершины-приемники).

Процесс применения всех возможных правил, т.е. получение всех возможных приемников, называется раскрытием.

Общая процедура поиска на графе:

1 Создать граф поиска G , состоящий из вершины S , и создать список OPEN, который содержит вершину S .

2 Создать список CLOSED, который пуст.

3. Loop: если OPEN пуст, то неудача, окончание работы.

4. Выбрать первую вершину в OPEN, убрать ее из OPEN и переместить в CLOSED, назвав ее n .

5. Если n – целевая вершина, то решение найдено, успех.

6. Раскрыть вершину n , порождая множество M ее приемников, не являющихся предками, добавить в G .

7. Ввести указатель k и от тех элементов из M , которых еще в графе нет, добавить эти элементы в OPEN. Для каждого элемента из M , который уже есть в OPEN или CLOSED (вместе это граф G), решить, нужно ли переориентировать указатель на n (если путь через новую вершину n короче, то необходимо поменять родителей). Для каждого элемента из M , который находится в CLOSED, принять решение относительно ее потомка, и так до полной перестройки графа.

8. Переупорядочить список OPEN в соответствии с некоторой процедурой (выбираем новую перспективную вершину).

9. Перейти к метке Loop

Этот алгоритм порождает граф G , который является подграфом графа состояний задачи и содержит в себе дерево поиска T (все удачные вершины).

Если граф G – дерево, то каждая новая вершина ни с кем не совпадает. Поэтому вершины упорядочиваются в сбалансированное бинарное дерево. Можно достичь тех же результатов и без использования структуры дерева, но это потребует больших ресурсов вычислительной техники, так как будут раскрываться все вершины до конца со своими потомками.

4.12.3. ОПИСАНИЕ ТОЧЕК ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В РДО

Точки принятия решений в РДО-языке описывают способы использования образцов для моделирования процесса и принятия решений на уровне событий. Их описывают в отдельном объекте. В РДО-модели может быть либо объект операций, либо объект точек принятия решений. Их совместное использование не допускается. Объект точек принятия решений имеет следующий формат:

```
<описание_точки_принятия_решений> |
<блок_активностей>
{ <описание_точки_принятия_решений> |
  <блок_активностей> }.
```

Описание каждой точки принятия решений имеет следующий формат:

```
"$Decision_point" <имя_точки> ":"
<тип_точки> [<признак_трассировки>]
"$Condition" <условие_активизации_точки>
[ "$Term_condition" <терминальное_условие>
  "$Evaluate_by" <оценка_стоимости_
    оставшегося_пути_на_графе>
  "$Compare_tops" "=" ( "YES" | "NO" ) ]
<блок_активностей>.
```

Имя точки принятия решений представляет собой простое имя. Имена должны быть различными для всех точек принятия решений и не должны совпадать с ранее определенными именами.

В данной версии РДО-языка имеются два типа точек принятия решений:

– *some* – просмотреть все активности данной точки, проверить предусловия, выпол-

нить ту активность, предусловия которой удовлетворяются;

- *search* – реализовать поиск на графе состояний.

- Признак трассировки может быть одним из следующих:

- *no_trace* – не производить трассировку точки;

- *trace_stat* – выдавать в объект трассировки только статистическую информацию по процессу поиска на графе;

- *trace_tops* – выдавать в объект трассировки статистическую информацию по процессу поиска и информацию о всех вершинах графа поиска;

- *trace_all* – выдавать в объект трассировки статистическую информацию по процессу поиска, информацию о всех вершинах графа поиска и для каждой вершины новое состояние всех ресурсов, изменивших свое состояние при применении правила, породившего эту вершину.

Значением признака трассировки по умолчанию является значение *no_trace*. Остальные значения признака трассировки имеют смысл только для точек типа *search*.

Условие активизации точки есть логическое выражение. Если при некотором событии состояние системы удовлетворяет этому выражению, активизируется алгоритм обработки точки принятия решений.

Терминальное условие поиска, эвристическая оценочная функция стоимости оставшегося пути до целевой вершины и признак сравнения вершин записывают только для точек типа *search*. Терминальное условие поиска – это логическое выражение. Когда алгоритм поиска на графе выбирает очередную вершину для раскрытия, проверяется, не удовлетворяет ли состояние системы, соответствующее этой вершине, терминальному условию. Если удовлетворяет, то это означает, что решение найдено и процесс поиска прекращается.

Эвристическая оценочная функция стоимости оставшегося пути до целевой вершины задается арифметическим выражением целого либо вещественного типа.

Признак сравнения вершин (*\$Compare_tops*) задается зарезервированным словом *YES*, если необходимо сравнивать каждую вновь порожденную в процессе поиска вершину с вершинами, уже находящимися в графе, и зарезервированным словом *NO*, если сравнивать не нужно. Необходимость в сравнении вершин

зависит от конкретной задачи, решаемой поиском на графе.

Блок активностей имеет следующий формат:

```
"$Activities" <описание активности>
{ <описание активности> }
"$End".
```

Описание каждой активности похоже на описание операции и имеет следующий формат:

```
<имя активности> : <имя образца>
[ <код клавиши> ]
[ <значения параметров образца> ]
[ ("value_before" | "value_after")
<стоимость применения правила> ].
```

Имя активности – это любое допустимое в языке имя, не совпадающее с ранее определенными именами. Имя образца – это имя одного из образцов, заданных в объекте образцов. Код клавиши указывают для образцов типа клавиатурная операция (*keyboard*). Значения параметров образца записываются таким же образом, как и для операций. Стоимость применения правил есть арифметическое выражение целого или вещественного типа, записанное в контексте данного образца, то есть в этом выражении можно использовать параметры образца и параметры релевантных ресурсов образца. Стоимость применения правила вместе с зарезервированными словами *value_before* или *value_after* указывают только для активностей, входящих в точку принятия решений типа *search*. Зарезервированное слово *value_before* обозначает, что значение выражения должно быть вычислено до применения правила, то есть при состоянии системы перед преобразованием состояния в соответствии с правилом. Зарезервированное слово *value_after* обозначает, что значение выражения должно быть вычислено после применения правила, то есть с измененным состоянием системы.

При написании блока активностей необходимо иметь в виду следующее. Для точки принятия решений типа *search* допустимо использование только образцов типа *rule*, при выполнении которых ресурсы не создаются и не уничтожаются, то есть статусы конверторов релевантных ресурсов которых не содержат *Create* или *Erase*. Использование образцов других типов не допускается. Для точки принятия решений типа *some* допустимо использование только образцов типа *rule* и *operation*. В свободных блоках активностей (блоках ак-

тивностей, не входящих в состав точек принятия решений), допускается использование только образцов типа *keyboard* и *irregular_event*.

Ниже приведен пример объекта точек принятия решений.

\$Decision_point Точка_1 : *search trace_stat*

\$Condition

Ресурс_1.Параметр_1=0 and Exist(Тип_1 :
Тип_1.Параметр_3 = Значение_2) and
Ресурс_5.Параметр_7 > 0

\$Term_condition Ресурс_1.Параметр_1 = 1

\$Evaluate_by 0

\$Compare_tops = NO

\$Activities

Правило_1 : Образец_12 6.25 * *value_after*
Ресурс_1.Параметр_4

Правило_2 : Образец_8 Значение_5 *value_*
after Ресурс_1.Параметр_4

Правило_3 : Образец_9 *value_before* *rel*
Ресурс_2.Параметр_4 * *Iabs*
(*rel*_Ресурс_2.Параметр_5) * 2

\$End.

\$Activities

Нерегулярное_событие_1 : Образец_3
10 20 *

Клавиатурная_операция_1 : Образец_6
'LEFT' 100

\$End.

\$Decision_point Точка_2 : *some*

\$Condition NoCheck

\$Activities

Операция_1 : Образец_14 25 *

Операция_2 : Образец_15 Значение_2

Операция_3 : Образец_16

\$End.

Образцы не имеют самостоятельного значения и должны быть использованы при описании активностей в объекте точек принятия решений. Имитатор в процессе моделирования обрабатывает именно точки принятия решений, а не образцы, поэтому если какой-либо образец был описан в объекте образцов, но ни разу не упоминался в объекте точек принятия решений, то он никогда не будет использован. Точки принятия решений определяют правила использования образцов в различных ситуациях.

Алгоритм обработки точек принятия решений следующий. При каждом событии после изменения состояния системы и сбора статистической информации проверяются предусловия точек принятия решений в порядке их

следования в объекте описания точек. При нахождении точки принятия решений, предусловие которой выполняется, запускается алгоритм обработки точки. Для точек типа *some* алгоритм просматривает все активности данной точки. Найдя активность, предусловия которой выполняются, он планирует событие начала соответствующего действия или события выполнения правила, после чего обработка этой точки и других точек завершается. Если же не найдено ни одной активности, для которой выполнены предусловия, анализируется следующая точка принятия решений.

Для точек типа *search* запускается алгоритм поиска решения на графе состояний в локальной продукционной системе. Базой данных этой локальной продукционной системы являются все ресурсы, присутствующие в данный момент в моделируемой системе, базой знаний – продукционные правила, записанные в блоке активностей данной точки. Решением, получаемым с помощью поиска на графе, является путь на графе. Путь представляет собой последовательность правил, которые необходимо применить для преобразования начального состояния системы в целевое. Найденная последовательность правил затем применяется к состоянию системы, изменяя его в соответствии с полученным решением. Это измененное состояние системы и является результатом принятия решения. Процесс имитации продолжается далее от нового состояния, полученного в результате принятия решения. Обработка других точек принятия решений завершается. Если же в процессе поиска решение не найдено, обрабатывается следующая точка принятия решений.

Активности, входящие в свободные блоки активностей, обрабатываются в соответствии с другими алгоритмами. Подробнее они рассмотрены при описании клавиатурных операций и нерегулярных событий.

Трассировка процесса поиска на графе в точке принятия решений типа *search* позволяет полностью восстановить картину поиска и полученный граф. Формат трассировки имеет следующий вид:

```
<начало_поиска>
[ <информация_о_поиске> ]
[ <решение> ]
<окончание_поиска>.
```

Трассировка начала и окончания поиска и трассировка решения присутствуют в объек-

те трассировки, если в описании точки принятия решений указан любой признак трассировки кроме *no_trace*. Формат информации о начале поиска следующий:

"SB" <модельное_время>
<номер_точки_принятия_решения>.

Трассировка окончания поиска имеет формат:

"SE"<признак> <модельное_время>
<время_счета> <объем_памяти_для_поиска>
<значение_стоимости_решения>
<количество_раскрытых_вершин>
<количество_вершин_в_графе>
<количество_включавшихся_в_граф_вершин>
<количество_порожденных_вершин>.

Она содержит признак завершения процесса поиска и статистическую информацию о полученном графе и затраченных ресурсах. Признак завершения может быть одним из следующих:

- *S* – успешное завершение поиска с нахождением решения;
- *M* – не хватило памяти для поиска;
- *F* – произошла ошибка записи в файл трассировки;
- *U* – неизвестная ошибка.

Время счета выводится в секундах, объем памяти, использованной для построения графа, – в байтах. Стоимость решения есть сумма стоимостей применения всех правил, составляющих решение.

Трассировка решения имеет формат:

"SD"
{ <номер_вершины> <номер_активности>
<номер_образца>
<количество_релевантных_ресурсов>
<номера_релевантных_ресурсов> }.

Она состоит из строк, содержащих информацию о том, какие правила были применены к исходной вершине графа (исходному состоянию системы) для перехода в целевое состояние. Правила указываются в порядке их применения. Номер вершины позволяет более подробно проанализировать решение на основе информации о поиске.

Пример трассировки точки принятия решений типа *search* с признаком трассировки *trace_stat*:

SB 10.345 1

SD

187 2 2 6 1 11 2 11 3 11

993 1 1 3 1 2 3

1009 4 4 6 1 11 2 11 3 11

1906 4 4 6 1 11 2 11 3 11

3252 4 4 6 1 11 2 11 3 11

SES 0 1207.8 3276800 2.59395e+09 11632

15540 27934 96292

Информация о поиске включает данные о вершинах графа поиска, порожденных в процессе поиска. Она выводится в объект трассировки, если признак трассировки для данной точки принятия решений есть *trace_tops* или *trace_all* и состоит из блоков следующего вида:

<трассировка_раскрываемой_вершины>
{ <порожденная_вершина>
{ <трассировка_измененных_ресурсов> } }.

Трассировка раскрываемой вершины имеет следующий формат:

"SO" <номер_вершины> <номер_родителя>
<стоимость_пути>
<значение_оценочной_функции>.

Номер вершины и номер родителя – это номера раскрываемой вершины и ее родителя в графе поиска. Далее указана стоимость пути от исходной вершины к данной и значение оценочной функции для данной вершины.

После информации о раскрываемой вершине следуют данные о всех преемниках, полученных при раскрытии этой вершины.

Информация о преемнике имеет следующий формат:

"ST" <признак_вершины> <номер_вершины>
<номер_вершины-родителя>
<стоимость_пути> <значение_оценки_стоимости_оставшегося_пути>
<номер_правила> <номер_образца>
<стоимость_применения_правила>
<количество_релевантных_ресурсов>
<номера_релевантных_ресурсов>.

Признак вершины – это *N*, если вершина с таким состоянием системы не содержится в уже построенной части графа, *D* – если вершина с таким состоянием уже есть и она не включается в граф (вновь найденный путь имеет большую стоимость), *R* – вершина с таким состоянием уже есть в графе, и она перезаписывается, поскольку вновь найденный путь имеет меньшую стоимость.

Трассировка измененных ресурсов для порождаемых вершин происходит в том случае, если признак трассировки для данной точки принятия решений есть *trace_all*. Новое состояние ресурса выдается в формате, описанном выше (трассировка состояния ресурсов). Отличие состоит в том, что строка, содержащая новое состояние ресурса, начинается с префикса "S".

Статус окончания моделирования описывает причину завершения моделирования и может быть одним из следующих:

– *NORMAL_TERMINATION* – нормальное завершение моделирования при выполнении

условия окончания моделирования, заданного в прогоне;

– *NO_MORE_EVENTS* – нет больше событий в модели;

– *USER_BREAK* – моделирование завершилось из-за вмешательства пользователя, который завершил РДО-имитатор одной из возможных команд;

– *RUN_TIME_ERROR* – моделирование завершилось из-за ошибки во время счета (информация об ошибке выводится в окно диалога РДО-имитатора).

Статистика по поиску на графе для каждой точки принятия решений типа *search* имеет следующий формат:

```
"DPS_C" <номер_точки> <количество_активаций> <количество_успешных>
"DPS_TM" <среднее_время_поиска> <минимальное_время_поиска>
<максимальное_время_поиска>
"DPS_ME" <средний_объем_памяти> <минимальный_объем_памяти>
<максимальный_объем_памяти>
"DPS_CO" <средняя_стоимость_решения> <минимальная_стоимость_решения>
<максимальная_стоимость_решения>
"DPS_TO" <среднее_количество_раскрытых_вершин>
<минимальное_количество_раскрытых_вершин>
<максимальное_количество_раскрытых_вершин>
"DPS_TT" <среднее_количество_вершин_в_графе>
<минимальное_количество_вершин_в_графе>
<максимальное_количество_вершин_в_графе>
"DPS_TI" <среднее_количество_включенных_в_граф_вершин>
<минимальное_количество_включенных_в_граф_вершин>
<максимальное_количество_включенных_в_граф_вершин>
"DPS_TG" <среднее_количество_порожденных_вершин>
<минимальное_количество_порожденных_вершин>
<максимальное_количество_порожденных_вершин>.
```

Она содержит номер точки принятия решений, количество активаций данной точки и количество успешных завершений поиска с нахождением решения. Кроме этого статистика содержит средние по всем активациям поиска, минимальные и максимальные значения таких характеристик процесса поиска, как время поиска (в секундах), количество использованной для построения графа поиска памяти (в байтах), стоимость найденного решения, количество раскрытых вершин, количество вершин в построенном графе, количество включавшихся в граф вершин (вершины, соответствующие одному и тому же состоянию системы, могут включаться в граф неоднократно, если порождается вершина с меньшей

стоимостью пути), общее количество порожденных вершин-преемников в процессе поиска. Значения этих характеристик для каждой активации поиска отдельно находятся в трассировке окончания поиска.

Пример статистической информации по поиску на графе:

```
DPS_C 1 1 1
DPS_TM 193.816 193.816 193.816
DPS_ME 7458816 7458816 7458816
DPS_CO 1.28515e+09 1.28515e+09 1.28515e+09
DPS_TO 10204 10204 10204
DPS_TT 20261 20261 20261
DPS_TI 21109 21109 21109
DPS_TG 38894 38894 38894.
```

Глава 4.13

ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТА

Любой эксперимент проводится, чтобы получить новую информацию о рассматриваемой системе. Целью эксперимента может быть либо исследование и описание поверхности реакции (определение модели системы), либо оптимизация реакции в некоторой области функционирования системы в пространстве факторов (определение оптимальных условий функционирования системы). В любом случае основная черта эксперимента – это изучение поверхности реакции, соответствующей различным значениям (уровням) факторов.

С каждой целью связан специальный тип планов эксперимента. Такие планы не только уменьшают число необходимых испытаний, но и обеспечивают другие преимущества, например минимальную дисперсию оценок, проверку адекватности моделей, построение нужных картин смешивания взаимодействий и просто вычислений.

Схема процесса планирования экспериментов приведена на рис. 4.13.1.

Этап планирования экспериментов с объектом прежде всего связан с необходимостью определить параметры влияния на выход Y тех входов объекта, которые не варьируются при его нормальной работе, т. е. без управления. Очевидно, что такими входами прежде всего являются определенные на этапе структурного синтеза управляемые входы X . На этапе структурного синтеза получена зависимость:

$$Y = F(X^{cp}, X, C),$$

где F – определенный оператор модели, а $C = (c_1, \dots, c_k)$ – неизвестные параметры объекта, которые должны быть определены на этапе планирования экспериментов.

Другая задача планирования экспериментов возникает при определении структуры модели объекта управления. В этом случае необходимо построить такой эксперимент, чтобы полученная информация дала бы возможность выбрать наилучшую модель из заданного набора конкурирующих моделей и при этом определить ее параметры. Необходимость идти на такую нежелательную операцию, как эксперименты с объектом, связана с тем, что иного пути здесь нет.

Математически неизбежность экспериментов с объектом вытекает из следующего простого рассуждения. Для определения параметров $C = (c_1, \dots, c_k)$ модели необходимо иметь исходную информацию о состоянии входов и выходов объекта в виде троек:

$$I = \langle X_i^{cp}, X_i, Y_i \rangle; \quad i = 1, \dots, N.$$

Для того чтобы определить эти параметры, необходимо варьировать вход X и фиксировать при этом поведение объекта, т. е. экспериментировать с ним.

Задача планирования экспериментов в таком минимальном изменении входа X , при котором полученная информация I давала бы возможность наилучшим образом оценить значения параметров C .

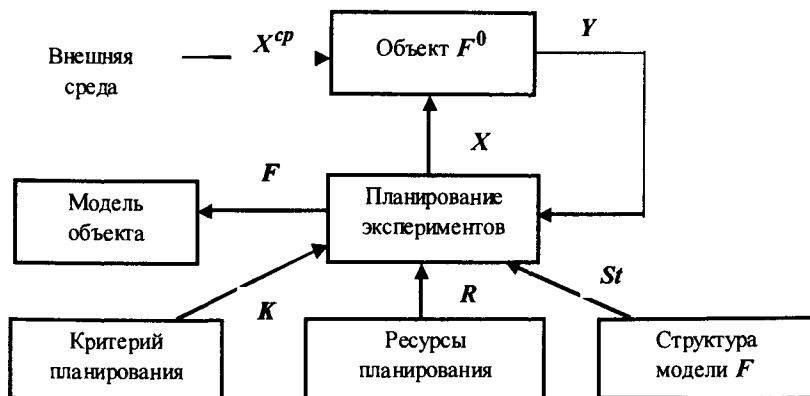


Рис. 4.13.1. Схема процесса планирования экспериментов

4.13.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Используются два основных понятия: фактор и реакция. Оба понятия относятся к переменным. Если цель эксперимента – изучить влияние переменной X на переменную Y , то X – фактор, а Y – реакция. При моделировании ПС реакция – выходная переменная, а фактор – управляемая (входная) переменная.

Фактор называется *управляемым*, если его уровни целенаправленно выбираются экспериментатором.

Фактор называется *наблюдаемым*, если его уровни наблюдаются или измеряются и регистрируются. Наблюдения неуправляемых факторов часто называют *сопутствующими*.

В имитационных экспериментах не бывает ненаблюдаемых и неуправляемых факторов. Если модель сформулирована, то это значит, что все факторы уже определены.

Фактор называется *количественным*, если его уровни являются числами, влияющими на реакцию. В противном случае фактор *качественный*.

Ресурсы планирования R состоят из выделяемых на эксперимент средств (временных, материальных, штатных. .), а также области планирования, определяющей пределы изменения входа в процессе планирования.

Критерий планирования определяет эффективность плана. Обычно это характеристики, определяющие точность оценки параметров C .

Будем исходить из того, что целевая функция (реакция, отклик, зависимая переменная) y зависит от вектора независимых переменных (факторов) $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ следующим образом: $y(a, x) = a'f(x)$.

При этом составляющие вектора $a = (a_0, a_1, \dots, a_k)$ являются неизвестными параметрами, оценки которых $\hat{a}_i$ требуется найти путем обработки результатов имитационных экспериментов на ЭВМ. Воспользуемся *методом наименьших квадратов* (МНК).

Будем считать также, что модель линейна относительно коэффициентов a_i , т.е.

$$y(a, x) = a_0 f_0(x) + a_1 f_1(x) + \dots + a_k f_k(x).$$

При этом $f_i(x)$ – известные функции, например для линейной модели:

$$f(x) = (1, x_1, x_2, \dots, x_n)';$$

для квадратичной модели:

$$f(x) = (1, x_1, x_2, \dots, x_n, x_1 x_1, \dots, x_n x_n, x_1 x_2, \dots, x_{n-1} x_n)';$$

Обычно используются модели полиномиального вида, так как с их помощью любая аналитическая функция может быть описана как угодно точно. Однако с увеличением числа оцениваемых параметров растет размерность модели. Так, если степень полинома m , то число оцениваемых параметров равно

$$k+1 = \binom{n+m}{m} = \frac{(n+m)!}{m!(n+m-m)!} = \frac{(n+m)!}{m!n!}.$$

Для нахождения оценок $\hat{a}$ в определенных точках x' поставлен эксперимент и получены средние результаты (значения реакции) $\tilde{y}'$ в этих точках.

Оценки $\hat{a}$ рассчитываются с помощью МНК на основе выборки x^i , $i = 1, 2, \dots, N$, путем решения системы нормальных уравнений:

$$(F'F)\hat{a} = F'\tilde{Y}, \quad (4.1.1)$$

здесь ' – знак транспонирования.

Матрица F определяется как:

$$F = (f_j(x^i)) = \begin{bmatrix} f_0(x^1) & f_1(x^1) & \dots & f_k(x^1) \\ f_0(x^2) & f_1(x^2) & \dots & f_k(x^2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_0(x^N) & f_1(x^N) & \dots & f_k(x^N) \end{bmatrix},$$

а $\tilde{Y}$ как $\tilde{Y} = (\tilde{y}^1, \tilde{y}^2, \dots, \tilde{y}^N)$.

Из системы уравнений следует, что

$$\hat{a} = (F'F)^{-1} F'\tilde{Y} = C F'\tilde{Y}.$$

Пусть $\bar{y}'$ – истинное значение переменной в точке x' , а $\tilde{e}'$ – случайная ошибка в точке x' , тогда

$$\tilde{y}' = E\{\tilde{y}'\} + \tilde{e}' = \bar{y}' + \tilde{e}' = \bar{a}'f(x') + \tilde{e}';$$

$$E\{\tilde{Y}\} = F\bar{a}.$$

Ошибка в точке $\tilde{e}'$ считается независимой случайной величиной с нулевым матема-

тическим ожиданием и дисперсией σ^2 . При этом условии оценки вектора $\hat{a}$ являются случайными величинами с ковариационной матрицей:

$$\text{cov}\{\hat{a}\} = (F'F)^{-1}\sigma^2 = C\sigma^2, \quad (4.1.2)$$

где $\text{cov}\{\hat{a}\} = E\{(\hat{a} - \bar{a})(\hat{a} - \bar{a})'\}$.

И кроме того, оценки являются несмещенными — $E\{\hat{a}\} = \bar{a}$ — и обладают минимальной дисперсией среди всех возможных несмещенных линейных оценок для заданной выборки x^i , $i = 1, 2, \dots, N$.

В этом смысле МНК является оптимальным методом обработки данных. Эта оптимальность имеет место при заданной выборке, и как следует из соотношения (4.1.2) достигаемая точность оценки будет зависеть от выбора экспериментальных точек, т.е. от условий проведения эксперимента.

В этом и заключается основная идея планирования эксперимента: добиться требуемых свойств (например максимальной точности), выбирая условия эксперимента.

Планом эксперимента называется множество всех точек экспериментов:

$$x^i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i), \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

представляется с помощью матрицы плана

$$X = (x_j^i) = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \dots & x_n^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots & x_n^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^N & x_2^N & \dots & x_n^N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x^1) \\ (x^2) \\ \dots \\ (x^N) \end{bmatrix}.$$

Центром плана называется точка

$$x^0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x^i, \quad \text{тогда } x_i^0 = \frac{x_i^1 + x_i^2 + \dots + x_i^N}{N}.$$

План называется *центральный*, если его центр лежит в начале координат $x = 0$, т.е. $x^0 = 0$.

Любой план можно сделать центральным путем замены $x = Z - Z^0$ при $Z^0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z^i$.

Областью планирования эксперимента называется область возможных значений независимых переменных (факторов). Все точки плана должны принадлежать области планирования — $x^i \in \Omega_x$.

Переход к стандартизованному масштабу плана можно осуществить по следующей формуле:

$$x_i = \frac{x_i^* - \frac{x_{i,\max}^* + x_{i,\min}^*}{2}}{\frac{x_{i,\max}^* - x_{i,\min}^*}{2}},$$

где x_i^* — значение i -го фактора в натуральном масштабе.

Матрица $M = F'F$ размера $(k+1) \times (k+1)$ называется *информационной матрицей* плана X .

Информационная матрица плана зависит от выбора функций $f_0(x)$, $f_1(x)$, ..., $f_k(x)$.

Ортогональным называется план, если информационная матрица диагональная:

$$M = F'F = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^N f_0^2(x^j) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sum_{j=1}^N f_1^2(x^j) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \sum_{j=1}^N f_k^2(x^j) \end{bmatrix}.$$

Матрица M есть матрица системы нормальных уравнений (4.1.1), из которых находят оценки коэффициентов модели. Поэтому для ортогонального плана вычисления оказываются простыми.

Ротatableм называется план X , если дисперсия оценки $\hat{y}(x)$ зависимой переменной в точке x зависит только от расстояния точки x от центра плана x^0 . Дисперсия $\sigma_{\hat{y}(x)}^2$ оценки зависимой переменной выражается следующим образом:

$$\sigma_{\hat{y}(x)}^2 = f'(x)(F'F)^{-1}f(x)\sigma^2,$$

где $(F'F)^{-1}$ – дисперсионная матрица плана. Обозначим расстояние точки x от центра плана через r :

$$r = \sqrt{(x - x^0)'(x - x^0)} = \sqrt{(x_1 - x_1^0)^2 + \dots + (x_n - x_n^0)^2}.$$

Тогда условие ротатабельности имеет вид:

$$f'(x)(F'F)^{-1}f(x) = \text{const}.$$

Пример:

Пусть модель имеет вид: $y(a, x) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$.

Область планирования Ω_x определяется неравенствами:

$$\begin{aligned} -1 \leq x_1 \leq 1 \\ -1 \leq x_2 \leq 1. \end{aligned}$$

Рассмотрим план X :

$$X = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ +1 & -1 \\ -1 & +1 \\ +1 & +1 \end{bmatrix}.$$

Центр плана $x^0 = 0$, и следовательно X – центральный план. Матрица F имеет вид:

$$F = \begin{bmatrix} +1 & -1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 \end{bmatrix}.$$

Информационная матрица плана X имеет вид: $M = F'F = 4I$, она диагональная и следовательно план X ортогонален. Проверим условие ротатабельности плана:

$$\begin{aligned} f'(x)(F'F)^{-1}f(x)\sigma^2 &= \frac{1}{4}(1 + x_1^2 + x_2^2) = \\ &= \frac{1}{4}(1 + r^2). \end{aligned}$$

Дисперсия зависит только от расстояния r точки x до центра плана, следовательно план X ротатабельный.

Ненасыщенным называется план X , если $N > k + 1$ и насыщенным, если $N = k + 1$.

Здесь N – число точек плана, а $(k + 1)$ – число оцениваемых параметров.

План с минимально возможным количеством экспериментов – насыщенный план $N = k + 1$ не позволяет проверить адекватность модели. Поэтому обычно выбирают ненасыщенный план, т.е. $N > k + 1$.

Заметим, что информационная матрица плана $M = F'F$ должна быть невырожденной, т.е. $|M| \neq 0$, иначе система линейных уравнений, по которым определяются оценки, не имеет единственного решения.

Выбор числа и условий проведения экспериментов, обеспечивающих получение наилучших в определенном смысле результатов исследования, и есть цель планирования экспериментов.

4.13.2. ПЛАНЫ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ, ОПИСЫВАЕМЫХ ПОЛИНОМАМИ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Полные факторные планы.

Ограничимся рассмотрением планов, в которых каждый фактор принимает значения только на двух уровнях: $+1$ и -1 или "+" и "-".

Полным факторным планом типа 2^n называется множество точек в n -мерном пространстве, координаты которых принимают значения $+1$ и -1 . Число точек в этом плане $N = 2^n$.

а) $n = 1$ план имеет вид $X = \begin{bmatrix} +1 \\ -1 \end{bmatrix}$;

б) $n = 2$ план – $X = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ -1 & +1 \\ +1 & -1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$;

в) $n = 3$ план имеет вид

$$X = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 \\ -1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 \\ -1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 \\ -1 & +1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}.$$

Дробные факторные планы.

Для построения дробного факторного плана типа 2^{n-p} из множества n факторов отбирают $(n-p)$ основных факторов, для которых строят полный факторный план с матрицей X_{n-p} . Этот план затем дополняют p столбцами, соответствующими оставшимся факторам. Каждый из этих столбцов получается, как результат перемножения не менее двух и не более $(n-p)$ определенных столбцов, соответствующих основным факторам. Для определения способа образования каждого из p столбцов дробного факторного плана вводится понятие *генератора плана*.

Генератор представляет собой произведение основных факторов, определяющее значение элементов каждого из дополнительных p столбцов матрицы плана. В случае плана типа 2^{n-p} должно быть p генераторов.

При $n = 3$ исходим из факторного плана 2^2 для основных факторов x_1, x_2 и дополняем этот план третьим столбцом, элементы которого являются произведениями элементов первого и второго столбцов.

x_1	x_2	$x_3 = x_1 x_2$	X_{3-1}
-1	+1	-1	
+1	+1	+1	
-1	-1	+1	
+1	-1	-1	

Выражение $x_3 = x_1 x_2$ — генератор плана.

Число опытов $2^{3-1} = 4$, а для полного факторного плана $2^3 = 8$. Полученный план — *полуреплика* факторного плана 2^3 .

При $n = 4$ исходим из полного факторного плана 2^3 для факторов x_1, x_2, x_3 . Далее он дополняется произведениями столбцов: $x_1 x_2, x_1 x_3, x_2 x_3, x_1 x_2 x_3$. Эти произведения могут быть генераторами для дробных факторных планов. Используя один из генераторов, получим четыре различных дробных плана типа 2^{4-1} .

$$x_4 = \begin{cases} x_1 x_2 \\ x_1 x_3 \\ x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{(полный факторный план} \\ \text{имеет } 2^4 = 16, \text{ дробный} \\ \text{план } 2^{4-1} = 8). \end{array}$$

Полученный план — *полуреплика* факторного плана 2^4 .

При $n = 5$ для построения плана типа 2^{5-2} можно выбрать два любых из четырех имеющихся генераторов для образования столбцов факторов x_4 и x_5 .

$$x_4 = \begin{cases} x_1 x_2 \\ x_1 x_2 \\ x_1 x_2 \\ x_1 x_3 \\ x_1 x_3 \\ x_2 x_3 \end{cases}; \quad x_5 = \begin{cases} x_1 x_3 \\ x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \\ x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \end{cases} \quad \begin{array}{l} (2^5 = 32, \\ 2^{5-2} = 8, \\ \text{четверть-} \\ \text{реплика}). \end{array}$$

$n = 6$

$$x_4 = \begin{cases} x_1 x_2 \\ x_1 x_2 \\ x_1 x_2 \\ x_1 x_3 \\ x_1 x_3 \end{cases}; \quad x_5 = \begin{cases} x_1 x_3 \\ x_1 x_3 \\ x_2 x_3 \\ x_2 x_3 \end{cases}; \quad x_6 = \begin{cases} x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \\ x_1 x_2 x_3 \end{cases}$$

$n = 7$

$$x_4 = x_1 x_2; \quad x_5 = x_1 x_3;$$

$$x_6 = x_2 x_3; \quad x_7 = x_1 x_2 x_3.$$

Для n от 5 до 15 исходим из плана типа 2^4 и дополняем его всевозможными произведением столбцов плана 2^4 . Планы содержат всего по 16 опытов, в то время как полный факторный план 2^{15} содержит 32.768 опытов.

Вычисления для линейных моделей для полных и дробных планов.

Матрица F для плана-типа 2^{n-p} и линейной модели вида

$$y(a, x) = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n$$

содержит $(n+1)$ столбцов и $N = 2^{n-p}$ строк (первый столбец со значениями +1 соответствует x_0).

Информационная матрица такого плана для линейной модели имеет вид:

$$M = F'F = 2^{n-p} I_{n+1} = N I_{n+1},$$

где I_{n+1} — единичная матрица размера $(n+1) \times (n+1)$.

Для дисперсионной матрицы имеем

$$C = M^{-1} = \frac{1}{N} I_{n+1}.$$

Тогда для оценок коэффициентов используется формула:

$$\hat{a}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \tilde{y}^j x_i^j, \quad i = 0, 1, \dots, N,$$

где $\tilde{y}^j$ — среднее значение реакции в j -м эксперименте.

Для дисперсий оценок коэффициентов имеем формулу:

$$S_i^2 = \frac{S^2}{N}.$$

Здесь S^2 — оценка дисперсии $\tilde{y}$ (дисперсии ошибки наблюдения). Отсюда видно,

что оценки всех коэффициентов имеют одну и ту же дисперсию.

Для линейной модели план типа 2^{n-p} является ортогональным и ротатабельным. Значимость коэффициентов и адекватность модели проверяются методами математической статистики.

Пример.

Рассмотрим эксперимент с пятью факторами. Постулируем линейность модели.

Факторы и интервалы их варьирования (см. табл. 4.13.1).

Используем дробный факторный план типа 2^{5-2} , т.е. четвертьреплику полного факторного плана 2^5 , содержащую 8 опытов вместо 32 в полном факторном плане.

Используем генераторы: $x_1 x_2 x_3$; $-x_1 x_2$.

План и результаты экспериментов приведены в табл. 4.13.2.

4.13.1. Факторы и интервалы их варьирования

Факторы	Значения факторов и их интервалы варьирования			
	-1	0	+1	Интервал
x_1^*	1 : 1	1,25 : 1	1,5 : 1	0,25
x_2^*	1 : 1	1,25 : 1	1,5 : 1	0,25
x_3^*	3	4	5	1
x_4^*	20	25	30	5
x_5^*	20	40	60	20

4.13.2. План и результаты экспериментов

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	$\tilde{y}$ (среднее двух параллельных наблюдений)
1	+	-	-	-	-	-	50,0
2	+	+	+	-	-	-	57,2
3	+	-	-	+	+	-	48,1
4	+	+	-	+	-	+	46,0
5	+	-	+	+	-	+	64,8
6	+	+	-	-	+	+	45,3
7	+	-	+	-	+	+	54,8
8	+	+	+	+	+	-	53,0
$\hat{a}_i$	52,3	-2,025	5,05	0,575	-2,1	0,325	

Например, вычисление коэффициента a_1 имеет вид:

$$a_1 = \frac{1}{8}(-50,0 + 57,2 - 48,1 + 46,0 - 64,8 + 45,3 - 54,8 + 53) = -2,025.$$

Следовательно, модель имеет вид:

$$\hat{y} = 52,3 - 2,025x_1 + 5,05x_2 + 0,575x_3 - 2,1x_4 + 0,325x_5.$$

Для проверки адекватности полученной модели рассчитаем сумму квадратов

$$S_e: S_e = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^v (\hat{y}^{ij} - \tilde{y}^i)^2, \text{ которая харак-}$$

теризует ошибки наблюдений. Она имеет число степеней свободы $\phi_2 = Nv - N = N(v - 1)$ (имеется Nv слагаемых и между ними N линейных связей).

Найдем сумму квадратов S_D , характеризующую неадекватность (дефект) модели. Эта сумма зависит от разности между рассчитываемым по модели и наблюдаемым значениями выходной переменной:

$$S_D = \sum_{i=1}^N v(\bar{y}^i - \tilde{y}^i)^2 = vS_R,$$

с числом степеней свободы $\phi_1 = N - (k + 1)$.

Тогда для нашего примера имеем:

$$S_e = 51,2 \quad \phi_2 = N(v - 1) = 8(2 - 1) = 8;$$

$$S_D = 47,216 \quad \phi_1 = 8 - 5 - 1 = 2,$$

отсюда

$$F_{кр} = \frac{S_D / \phi_1}{S_e / \phi_2} = 3,69,$$

для $\alpha = 0,05$ имеем $F_{кр} = 4,46$.

Следовательно модель адекватна.

$$S^2 = \frac{S_e}{v\phi_2} = \frac{51,2}{2 \times 8} = 3,2 \quad S = 1,79,$$

где S – оценка дисперсии.

Дисперсия оценок коэффициентов определяется следующим образом:

$$S_i^2 = \frac{S^2}{N} = \frac{3,2}{8} = 0,4 \quad S_i = 0,63.$$

Проверка значимости коэффициентов по t -критерию для $\alpha = 0,05$ и $\phi = 8$
 $t_{кр} = 2,31 \rightarrow t_{кр} S_i = 2,31 \cdot 0,63 = 1,43.$

Коэффициент значим, если $|\hat{a}_i| > t_{кр} S_i,$

и значит a_3 и a_5 незначимы.

Окончательно модель имеет вид:

$$\hat{y}(x) = 52,3 - 2,025x_1 + 5,05x_2 - 2,1x_4.$$

4.13.3. ПЛАНЫ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ЛИНЕЙНЫЕ ЧЛЕНЫ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНОГО ПОРЯДКА

Модель имеет вид:

$$y(a, x) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{k=i+1}^n a_{ik} x_i x_k + \\ + \sum_{i=1}^n \sum_{k=i+1}^n \sum_{l=k+1}^n a_{ikl} x_i x_k x_l + \dots + a_{12 \dots n} x_1 x_2 \dots x_n.$$

Коэффициент a_{ik} является мерой парного взаимодействия факторов первого порядка.

Коэффициент a_{ikl} отражает взаимодействие факторов второго порядка и т.д.

Например, для пяти факторов существует 10 взаимодействий первого, 10 – второго, 5 – третьего и одно пятого порядков.

Как правило, модель включает не все, а лишь некоторые взаимодействия первого порядка, иногда второго и почти никогда третьего и выше. Поэтому нецелесообразно использовать полные факторные планы. Применяются дробные. Дробные планы строят так же, как для линейной модели.

4.13.4. ПОРЯДОК СМЕШИВАНИЯ ОЦЕНОК КОЭФФИЦИЕНТОВ

При построении дробных факторных планов значимые взаимодействия парные и более высокого порядка рассматриваются как самостоятельные факторы. Для дробных факторных планов можно таким образом рассматривать лишь столько дополнительных факторов, сколько существует незначимых взаимодействий. При наличии в модели взаимодействий второго и более высоких порядков оценки при линейных членах $\hat{a}_i$ независимы друг от друга, однако могут быть смешаны с взаимодействиями выс-

ших порядков. Часть оценок $\hat{a}_{ik}$ коэффициентов при парных взаимодействиях также оказываются смешаны друг с другом.

В случае, когда для оценки коэффициентов используется дробный факторный план, очевидно, что некоторые столбцы матрицы F окажутся одинаковыми. Так, если в качестве генератора выбрано соотношение $x_4 = x_1 x_2 x_3$, то столбец для фактора x_4 и столбец для взаимодействия $x_1 x_2 x_3$ одинаковы, т.е. план не позволяет получить раздельные оценки для коэффициентов a_4 и a_{123} модели. С помощью этого плана можно получить лишь оценку $\hat{a}$, которая характеризует суммарное действие фактора x_4 и взаимодействия $x_1 x_2 x_3$. Оценки подобного рода называются *смешанными*. Однако, если $a_{123} = 0$, то величина $\hat{a}$ является несмешанной оценкой коэффициента a_4 .

Под *контрастом плана* понимается соотношение между элементами матрицы F , задающее элементы первого столбца матрицы I , которые всегда равны единице. Для дробного плана 2^{3-1} имеем следующий контраст $I = x_1 x_2 x_3$. Здесь генератор $x_3 = x_1 x_2$. Для плана 2^{4-1} (если генератор $x_4 = x_1 x_2 x_3$) контраст $I = x_1 x_2 x_3 x_4$.

Правило.

Чтобы определить, с какими факторами смешана оценка некоторого данного фактора, умножим обе части контраста на этот фактор, считая, что при этом мы получим порядок смешивания оценок коэффициентов при использовании данного плана.

Пример. Для дробного факторного плана 2^{3-1} с контрастом $I = x_1 x_2 x_3$ имеем:

$$x_1 = x_1^2 x_2 x_3 = x_2 x_3$$

$$x_2 = x_1 x_2^2 x_3 = x_1 x_3$$

$$x_3 = x_1 x_2 x_3^2 = x_1 x_2.$$

Соответственно для оценок коэффициентов имеем порядок смешивания:

$$\hat{a}_1 \rightarrow a_1 + a_{23}$$

$$\hat{a}_2 \rightarrow a_2 + a_{13}$$

$$\hat{a}_3 \rightarrow a_3 + a_{12}.$$

Число элементов в контрасте называется *порядком контраста*. Говорят, что план имеет разрешающую способность III, если контраст состоит из трех элементов, IV – если из четырех и т.д.

Пример.

Если для плана 2^{4-1} взят генератор $x_1 x_2 x_3$, то контраст $I = x_1 x_2 x_3 x_4$ и план имеет разрешающую способность IV, что обозначается как 2_{IV}^{4-1} , если генератор $x_1 x_2$, для того же плана, то контраст $I = x_1 x_2 x_4$, разрешающая способность III, что обозначается 2_{III}^{4-1} .

Дробные планы с наибольшей разрешающей способностью называются *главными*. Им следует отдавать предпочтение при планировании.

Обобщающим контрастом плана называется контраст, полученный из отдельных контрастов, а также всевозможных произведений отдельных контрастов во всевозможных сочетаниях по 2, 3, и т.д.

Пример.

Для дробного факторного плана 2^{5-2} берем генераторы $x_4 = x_1 x_3$; $x_5 = x_1 x_2 x_3$. Контрасты плана: $I = x_1 x_3 x_4$; $I = x_1 x_2 x_3 x_5$.

Перемножим и получим еще один контраст: $I = x_2 x_4 x_5$.

Обобщающий контраст при этом имеет вид:

$$I = x_1 x_3 x_4 = x_2 x_4 x_5 = x_1 x_2 x_3 x_5.$$

Умножая его на факторы, получим совпадающие столбцы матрицы и смешивание оценок:

$$x_1 = x_3 x_4 = x_1 x_2 x_4 x_5 = x_2 x_3 x_5$$

$$x_2 = \dots\dots\dots$$

$$\dots\dots\dots$$

$$x_1 x_2 = x_2 x_3 x_4 = x_1 x_4 x_5 = x_3 x_5.$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\hat{a}_1 \rightarrow a_1 + a_{34} + a_{1245} + a_{235}$$

$$\dots\dots\dots$$

Так как $x_i^2 = 1$, то $\hat{a}_0$ является смешанной оценкой для свободного члена a_0 и всех коэффициентов a_{ii} ; $\hat{a}_0 \rightarrow a_{11} + a_{22} + a_{33} + \dots + a_{nn}$. Это явление называется *квадратичным эффектом*.

Правило проверки значимости квадратичных эффектов.

Проведем в центре плана n_0 опытов и

найдем величину $\tilde{y}^0 = \frac{1}{n_0} \sum_{j=1}^{n_0} \tilde{y}^{0j}$.

Если квадратичные эффекты отсутствуют, т.е. $a_{11} = a_{22} = a_{33} = \dots = a_{nn} = 0$, то $E\{\tilde{y}^0 - \bar{a}_0\} = 0$. Иначе в модель надо включать факторы вида x_i^2 .

Вычислительные формулы

Информационная матрица планов 2^{n-p} для моделей, содержащих $(k+1)$ подлежащих оценке коэффициента, в случае, когда оценки не смешаны (т.е. матрица F не имеет совпадающих столбцов), имеет вид:

$$M = F'F = 2^{n-p} I_{n+1} = N I_{n+1}.$$

Для C имеем:

$$C = M^{-1} = \frac{1}{N} I_{n+1},$$

т.е. план ортогонален. Оценки коэффициентов получаем:

$$\hat{a}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \tilde{y}^j x_i^j; \quad i = 0, 1, \dots, n,$$

$$\hat{a}_{i \dots \mu} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \tilde{y}^j x_i^j \dots x_\mu^j; \quad i, \dots, \mu = 0, 1, \dots, n,$$

$$S_i^2 = \frac{S^2}{N}; \quad i = 0, 1, \dots, k.$$

Здесь $(k+1)$ – общее число коэффициентов модели. Из последней формулы следует, что коэффициенты оцениваются с одинаковой точностью. План не рототабельный.

Пример.

Имеем четыре фактора. Вид модели:

$$y(a, x) = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_{13} x_1 x_3 + a_{23} x_2 x_3 + a_{34} x_3 x_4.$$

Используем генераторы: $x_4 = x_1 x_2$, так как есть основания считать, что взаимодействия $x_2 x_3$ и $x_3 x_4$ влияют на реакцию.

Контрастом плана является соотношение $I = x_1 x_2 x_4$. Оценки смешаны следующим образом:

$$\begin{aligned} \hat{a}_1 &\rightarrow a_1 + a_{24} & \hat{a}_4 &\rightarrow a_4 + a_{12} \\ \hat{a}_2 &\rightarrow a_2 + a_{14} & \hat{a}_{34} &\rightarrow a_{34} \\ \hat{a}_3 &\rightarrow a_3 & \hat{a}_{13} &\rightarrow a_{13} \\ & & \hat{a}_{23} &\rightarrow a_{23} \end{aligned}$$

План и результаты эксперимента представлены в табл. 4.13.3.

4.13.3. План и результаты эксперимента

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	$\tilde{y}$ (среднее двух параллельных наблюдений)
1	+	+	+	+	+	+	+	+	263
2	+	+	–	+	–	+	–	–	122
3	+	–	–	+	+	–	–	+	239
4	+	–	+	+	–	–	+	–	586
5	+	+	+	–	+	–	–	–	232
6	+	+	–	–	–	–	+	+	292
7	+	–	–	–	+	+	+	–	539
8	+	–	+	–	–	+	–	+	383
$\hat{a}_i$	336,12	–100,62	38,12	–25,38	–9,62	–1,12	92,12	–33,62	

Ошибки наблюдений: $S = 20,0$; $S_i = 7,1$;
 $\varphi_e = 8$.

Очевидно, что взаимодействия x_2x_3 и x_3x_4 оказывают существенное влияние на реакцию.

$$\hat{y}(x) = 336,12 - 100,62x_1 + 38,12x_2 - 25,38x_3 - 9,62x_4 - 1,12x_1x_3 + 92,12x_2x_3 - 33,62x_3x_4.$$

Проверка значимости коэффициентов по t -критерию (критерию Стьюдента) для $\alpha = 0,05$ и $\phi = 8$ $t_{кр} = 2,31 \rightarrow t_{кр}S_i = 2,31 \cdot 7,1 = 16,4$. Коэффициент значим, если $|\hat{a}_i| > t_{кр}S_i$ и значит a_4 и a_{13} незначимы.

Проверка значимости квадратичных эффектов:

Гипотеза — $H_1: E\{\hat{y}^0 - \hat{a}_0\} = 0$. Имеем:
 $v = 2$, $S_e^2 = vS^2 = 2 \times 400 = 800$, $n_0 = 2$, $N = 8$,
 $\varphi_e = 8$, $\hat{a}_0 = 336,12$.

Тогда проводим опыты в центре плана и получаем $\hat{y}^0 = 350$. При $\alpha = 0,05$ и $\phi = 8$ $t_{кр} = 2,31$, тогда $|\hat{y}^0 - \hat{a}_0| = |350 - 336,12| = 13,88 < t_{кр}S\sqrt{\frac{n_0 + vN}{n_0N}} \approx 49$, т.е. $|\hat{y}^0 - \hat{a}_0|$ незначимо отличается от нуля и квадратичные члены в модель можно не включать.

4.13.5. ПЛАНЫ ДЛЯ КВАДРАТИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ

Модель имеет вид:

$$y(a, x) = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n + a_{n+1}x_1^2 + \dots + a_{2n}x_n^2 + a_{2n+1}x_1x_2 + \dots + a_kx_{n-1}x_n. \quad (4.1.3)$$

Общее число неизвестных коэффициентов в модели равно $(k+1) = \left(\frac{n+2}{2}\right) = \frac{(n+2)(n+1)}{2}$.

Отсюда следует, что для оценки коэффициентов независимая переменная в плане должна принимать по крайней мере три значения

(иначе не хватает уравнений в системе). Композиционный план для квадратичной модели может быть получен добавлением некоторого числа специальных точек к "ядру" плана, образованному планом для линейной модели типа 2^n или 2^{n-p} . Если к ядру добавить точку в центре плана с координатами $(0, 0, 0, \dots, 0)$ и 2^n точек "звездных" с координатами $(\pm\alpha, 0, \dots, 0)$, $(0, \pm\alpha, 0, \dots, 0)$, $\dots$, $(0, \dots, 0, \pm\alpha)$, то получим центральный композиционный план. Звездная точка располагается на расстоянии α от центра плана на осях факторов (рис. 4.13.2).

Выбором плеча композиционного плана α и числа точек в центре плана n_0 могут быть обеспечены различные свойства получаемого плана. План для $n = 3$ приведен в табл. 4.13.4.

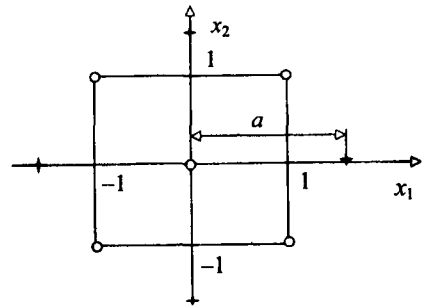


Рис. 4.13.2. Центральный композиционный план

4.13.4. План для $n = 3$

j	x_1	x_2	x_3	
1	+1	+1	+1	Полный факторный план 2^n
2	-1	+1	+1	
3	+1	-1	+1	
4	-1	-1	+1	
5	+1	+1	-1	
6	-1	+1	-1	
7	+1	-1	-1	
8	-1	-1	-1	
9	$+\alpha$	0	0	Звездные точки 2^n
10	$-\alpha$	0	0	
11	0	$+\alpha$	0	
12	0	$-\alpha$	0	
13	0	0	$+\alpha$	
14	0	0	$-\alpha$	
15	0	0	0	Центр плана

Выбор звездных точек осуществляется из условия ротатабельности плана. Модель имеет вид (4.1.3), в качестве ядра может использоваться полный факторный план типа 2^n или дробный факторный план типа 2^{n-p} . Величина плеча плана вычисляется по формуле:

$$\alpha = 2^{\frac{n-p}{4}}.$$

Глава 4.14

ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫХ ИМИТАЦИОННЫМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

4.14.1. ЗАДАЧА О ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МОДУЛЯ, ОПИСАННОГО СЕТЬЮ ПЕТРИ

Одним из инструментов моделирования дискретных процессов, протекающих в производственных системах, и, в частности, в гибких технологических модулях (ГТМ), являются сети Петри и их модификации, включая временные сети Петри. Аппарат сетей Петри позволяет описывать параллельные, асинхронные, иерархические процессы достаточно простыми средствами. Математическая модель описываемого сетью Петри процесса достаточно наглядна, легко алгоритмизируема для моделирования на ЭВМ, не требует большого дополнительного объема знаний от исследователя.

Имитация функционирования ГТМ описывается изменениями в маркировке сети Петри, моделирующей данный производственный объект. Маркировка сети изменяется согласно ряду правил, в результате чего сеть переходит из некоторого начального (заданного) состояния в некоторое конечное, определяемое либо исследователем, либо невозможностью продолжения имитации в сложившейся в сети маркировке.

Такая модификация сетей Петри, как временные сети, позволяет в явном виде ввести в процесс имитации время протекания отдельных действий ГТМ (времена транспортировки заготовок, загрузки/разгрузки станка, обработки на станке детали и т.д.).

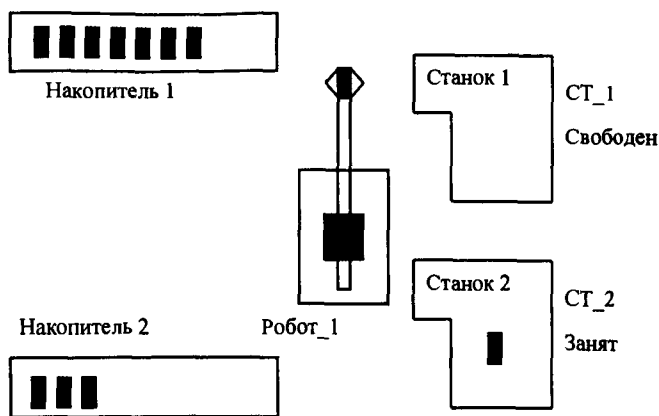
ГТМ, компоновка которого приведена на рисунке 4.14.1, а, предназначен для обработки деталей одного типа. В начале работы палета с заготовками (объемом 25 заготовок) находится на входной позиции ГТМ. Каждая деталь проходит последовательно обработку сначала на первом станке (СТ₁), а затем на втором

(СТ₂), после чего перекладывается в палету для готовых деталей, находящуюся на выходной позиции ГТМ. Перемещение заготовок и деталей внутри ГТМ осуществляется промышленным роботом на входной позиции, одновременно переносящим лишь одну деталь. Заготовка, прошедшая обработку на СТ₁, может быть передана лишь на СТ₂. Если СТ₂ занят, то заготовка не может быть снята со станка СТ₁ и ждет на нем освобождения СТ₂, в это время первый станок простаивает в ожидании разгрузки.

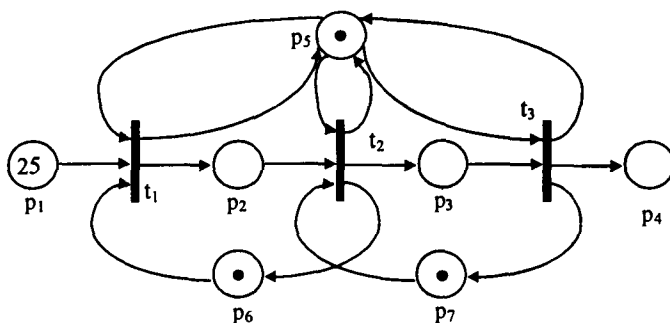
Время обработки заготовки на СТ₁ равно 15 мин плюс некоторое случайное время, которое распределено по нормальному закону со средним отклонением 1 и стандартным 0,3 мин. Время обработки на СТ₂ равно 20 мин плюс также некоторое случайное время, которое распределено также по нормальному закону со средним отклонением 1 и стандартным 0,3 мин. Время установка заготовки на СТ₁ с учетом ее взятия с входной позиции и переноса распределено по нормальному закону со средним отклонением 2 и стандартным 0,2 мин. Время взятия заготовки со СТ₂ переноса ее к СТ₂ и установки на СТ₂ распределено по нормальному закону со средним отклонением 1,5 и стандартным 0,25 мин. Взятие заготовки со СТ₂, установка детали в выходную позицию, распределено по нормальному закону со средним отклонением 2 и стандартным 0,4 мин. Кроме того, при выполнении любого действия роботу требуется 0,1 мин для возвращения в исходную точку.

Сеть Петри, моделирующая данный ГТМ, приведена на рисунке 4.14.1, б. Она содержит семь мест (или позиций) p_1 – p_7 и три перехода t_1 – t_3 . Функциональное описание этих элементов сети следующее:

p_1 – отображает состояние входного накопителя (количество маркеров, равное числу заготовок во входную позицию); p_2 – моделирует станок СТ₁; p_3 – моделирует станок СТ₂; p_4 – отображает состояние выходного накопителя (количество маркеров равно числу заготовок в выходной позиции); p_5 – отображает состояние промышленного робота во входной позиции (наличие маркера соответствует тому, что входная позиция свободна); p_6 – отображает состояние СТ₁ (наличие маркера соответствует тому, что СТ₁ свободен); p_7 – отображает состояние СТ₂ (наличие маркера соответствует тому, что СТ₂ свободен).



а)



б)

Рис. 4.14.1. Компоновка ГТМ (а) и сеть Петри, моделирующая работу ГТМ (б)

Переход сети t_1 – моделирует действие взятия заготовки из ПН_1, переноса ее к станку СТ_1 и установки на станок; t_2 – моделирует действие снятия заготовки со СТ_1 переноса ее на СТ_2 и установки на станок; t_3 – моделирует действие снятия готовой детали со СТ_2 переноса ее к выходной позиции.

Маркировка мест сети Петри иллюстрируется на графе числом маркеров в кружке, равным маркировке соответствующего места. Выполнение перехода на графе сети Петри – это удаление маркеров на каждой дуге с выходных мест перехода и появление дополнительных маркеров по каждой дуге в выходных местах выполняемого перехода.

Имитация функционирования системы описывается последовательной сменой ее состояний, т.е. последовательной сменой маркировок. Изменение маркировки в позициях может произойти только при выполнении неко-

торого перехода, т.е. при выполнении некоторого события в ГТМ.

Переход может быть выполнен, если во всех его входных местах имеется достаточное число маркеров для их удаления, т.е. маркировка каждого входного места должна быть не меньше, чем кратность выходных дуг, связывающих его с запускаемым переходом.

Время обработки на первом станке моделируется временной задержкой в позиции p_2 , а на втором станке в позиции p_3 . Времена обслуживания ГТМ промышленным роботом моделируются задержками в переходах.

Начальная маркировка сети равна (25, 0, 0, 0, 1, 1, 1). В данном состоянии разрешен только t_1 переход, после выполнения которого маркировка изменится и станет равна (24, 0, 0, 0, 0, 1, 0). Эта маркировка соответствует состоянию системы, когда входная позиция начинает загрузку на станок СТ_1 первой заго-

товки. После имитации временной задержки, равной 2,0 мин, маркировка сети изменится на следующую (24, 0, 0, 0, 1, 0, 1), что соответствует началу обработки заготовки на станке СТ_1 и освобождению входной позиции. Датчиком случайных чисел с нормальным законом распределения генерируется время задержки в месте p_2 , соответствующее времени обработки первой заготовки на СТ_1. По истечении этой задержки маркировка сети изменяется на следующую (24, 1, 0, 0, 1, 0, 1), что соответствует событию окончания обработки первой заготовки на станке СТ_1. При этой маркировке сети может сработать переход t_2 , изменяя маркировку сети на (24, 0, 0, 0, 0, 1, 0), что соответствует началу перегрузки заготовки со станка СТ_1 на станок СТ_2.

При реализации сети Петри на ЭВМ возникают ситуации, когда возможно выполнение (запуск) нескольких переходов. Для однозначного выбора одного перехода для запуска могут использоваться приоритеты. Каждому переходу ставится в соответствие некоторое число – приоритет. При равных условиях будет выполняться переход с большим приоритетом. В нашем случае будем считать приоритеты переходов равными и поэтому для выполнения будет выбираться переход с меньшим номером.

Процесс имитации продолжается до тех пор, пока не будут обработаны все детали, т.е. маркировка не станет равной (0, 0, 0, 25, 1, 1, 1).

Целью исследователя является определение коэффициентов использования станков и робота, времен простоя станков из-за многостаночного обслуживания.

Рассмотрим построение модели описанной выше сети Петри и ее имитацию с использованием языка РДО.

В РДО-модели в качестве типов ресурсов выступают постоянные ресурсы, имеющие имена Места и Переходы.

\$Resource_type Места : permanent

\$Parameters

Емкость : integer [0..25]

Номер : integer [0..10]

Отстойник : integer

Pic : integer

\$End.

\$Resource_type Переходы : permanent

\$Parameters

Занятость : (Занят, Свободен)

Номер : integer [0..5]

\$End.

Так как мы не различаем заготовки между собой и интересуемся характеристиками ГТМ, имеющими отношение лишь к оборудованию, то такой тип ресурса как Маркер не используется.

Ресурс типа Место имеет четыре параметра (Емкость, Номер, Отстойник и Pic), из которых первые два являются очевидными для сети Петри, а назначение двух других необходимо пояснить. Так как моделируемая сеть Петри относится к временной, то маркер доступен в определенном месте или переходе для дальнейшего использования в процессе имитации лишь через определенное модельное время, чем моделируется время выполнения некоторого действия в ГТМ. Поэтому маркер, придя в некоторое место, вначале не изменяет емкость этого места, а помещается в параметр Отстойник и лишь по прошествии некоторого времени увеличивается емкость места.

Знания о функционировании моделируемой сети Петри в виде модифицированных продукционных правил описываются в образцах модели. Имеется четыре образца, из которых первые три описывают правила срабатывания переходов и одно правило моделирования задержки. Так как все переходы в сети отличаются своими схемами и имеют различные правила срабатывания, то это и вызывает использование трех образцов – Срабатывание_перехода_1, Срабатывание_перехода_2, Срабатывание_перехода_3. Правило моделирования задержек общее и для его описания создается один образец – Задержка_в_позиции.

Описание первого из образцов имеет вид:

\$Pattern Срабатывание_перехода_1 : operation trace

\$Relevant_resources

Вход_1 : Место_1 Keep NoChange

Вход_2 : Место_7 Keep NoChange

Вход_3 : Место_5 Keep NoChange

Переход : Переход_1 Keep Keep

Выход_1 : Место_2 NoChange Keep

Выход_2 : Место_5 NoChange Keep

\$Time = Случайный_датчик_1 (m1, d1)

\$Body

Вход_1

Choice from Вход_1.Емкость > 0
first

Convert_begin

Емкость set Вход_1.Емкость – 1

Pic set Вход_1.Pic – 1

```

Вход_2
  Choice from Вход_2.Емкость > 0
    first
  Convert_begin
    Емкость set Вход_2.Емкость - 1
    Pic      set Вход_2.Pic - 1
Вход_3
  Choice from Вход_3.Емкость > 0
    first
  Convert_begin
    Емкость set Вход_3.Емкость - 1
    Pic      set Вход_3.Pic - 1
Переход
  Choice from Переход.Занятость = Свободен
    first
  Convert_begin
    Занятость set Занят
  Convert_end
    Занятость set Свободен
Выход_1
  Choice NoCheck
    first
  Convert_end
    Отстойник set Выход_1.Отстойник + 1
    Pic        set Выход_1.Pic + 1
Выход_2
  Choice NoCheck
    first
  Convert_end
    Отстойник set Выход_2.Отстойник + 1
    Pic        set Выход_2.Pic + 1
$End.

```

Согласно описанным образцам выполняются операции, соответствующие действиям, протекающим в сети Петри. Таким образом, операции должны описывать действия в трех переходах и семи позициях.

4.14.2. МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Практически во всех ПС встает вопрос о своевременном пополнении запасов материалов, инструмента, комплектующих и т.п. (далее просто запаса ресурсов). Необходимо определить моменты времени, когда ресурс нужно заказать у его производителей с учетом времени доставки и количества заказываемого ресурса. Завышенный уровень запасов приводит к большим издержкам, связанным с хранением, с другой стороны – заниженный уровень влечет издержки, связанные с потерями в выпуске продукции, частые заказы приводят к издержкам, связанным с доставкой ресурса.

В долгосрочном плане задача определения оптимального уровня запасов в силу вероятностного характера колебаний потребности в запасах может быть решена только на основе методов имитационного моделирования, что необходимо для определения характеристик системы в условиях случайности процессов.

Совокупность правил, определяющих время пополнения и количество пополняемых запасов, называется стратегией управления запасами. Управляя запасами, мы пытаемся минимизировать общие издержки предприятия и, тем самым, увеличить прибыль. В рассматриваемой системе управления запасами общие издержки разбиваются на группы:

- Издержки от хранения запасов на складе (аренда помещения, зарплата сторожам и т.д.). Данный вид издержек обычно определяет-

$$\text{ся } W_{\text{хранен}} = \int_t^{t+\Delta t} h(S, t) \cdot S(t) dt, \text{ где } h(S, t) -$$

стоимость хранения единицы ресурса в единицу времени; $S(t)$ – среднее количество ресурса на интервале $[t, t + \Delta t]$. В рассматриваемой системе данный вид издержек пересчитывается ежедневно ($\Delta t = 1$ день).

- Затраты на поставку ресурса – обычно выражаются $W_{\text{поставка}} = CQ + A$, где C – стоимость единицы ресурса; Q – количество поставляемого ресурса; A – единовременные затраты, связанные с доставкой партии (аренда транспорта, зарплата водителям, экспедиторам и т.д.).

- Затраты, связанные с неудовлетворенным спросом, – возникают при невозможности удовлетворить потребителя в связи с отсутствием требуемого ресурса на складе. Данный вид затрат трудно оценить в общем и его следует определять в каждом конкретном случае, в соответствии с условиями, сложившимися на предприятии. В данной системе указывается размер штрафа (может равняться нулю) при отсутствии ресурса по требованию потребителя.

В рассматриваемой системе управления запасами определены следующие стратегии:

1. Стратегия $< Q - S_{\min} >$.

Необходимо постоянно отслеживать величину запасов. Склад пополняется постоянными партиями. Необходимо определить объем партии (Q) и уровень, на котором делается заказ (S).

$$S_{\min} = T_{\text{зак ср}} b_{\text{ср}} + S_{\text{страховка}};$$

$$Q = Q_w = \sqrt{\frac{2bA}{h}},$$

где $b_{\text{ср}}$ – средний уровень спроса за моделируемый период; $T_{\text{зак ср}}$ – среднее время доставки ресурса после выдачи требования на поставку; $S_{\text{страховка}}$ – страховочное количество ресурса.

Требование на пополнение ресурса выдается, если текущий уровень ресурса меньше, либо равен $S_{\min}$, в количестве Q .

2. Стратегия $<S_{\max}>$.

Система периодических проверок (например, раз в неделю). Заказ делается раз в неделю:

$$Q = S_{\max} - S_{\text{текущий}},$$

где $S_{\max} = Q_w + S_{\min}$.

3. Стратегия $<S_{\max} - S_{\min}>$.

Периодичность проверок равна dT и после каждой проверки дается заявка на пополнение запаса.

$$Q = \begin{cases} S_{\max} - S(t), & \text{если } S(t) \leq S_{\min}^* \\ 0, & \text{если } S(t) > S_{\min}^*, \text{ где } S_{\min}^* = dT b_{\text{ср}} \end{cases}.$$

4. Стратегия $<User>$.

Система позволяет пользователю самому определить момент выдачи требования на пополнение запаса, а его величина равна Q_w .

Количество стратегий, используемых в системе, может изменяться по мере требования исследователя.

Имитационная модель строится на языке РДО. Описание моделируемого объекта на языке интеллектуального РДО-имитатора осуществляется в следующей последовательности:

- Определяются типы ресурсов, необходимые для моделирования.
- Определяются ресурсы в соответствии с определенными типами и задаются начальные значения параметров ресурсов
- Определяется множество операций, которые будет выполнять система.
- Формально описываются предусловия выполнения каждой операции и правила изменения состояния ресурсов при выполнении операций.

– Определяются показатели функционирования, которые необходимо собрать при моделировании, содержание файла трассировки ресурсов и состояния системы.

Модель на языке РДО состоит из нескольких файлов следующего вида:

Файл описания типов ресурсов:

```
$Resource_type <Имя типа ресурса> :
<тип ресурса>
<Описание параметра типа ресурса>
.....
<Описание параметра типа ресурса>
$End.
```

Здесь <тип ресурса> – ключевое слово, определяющее, постоянный это ресурс (permanent) или временный (temporary), соответственно. Например, тип ресурса ТРесурс будет выглядеть так:

```
$Resource_type ТРесурс : permanent
$Parameters
Название: (РЕС_1, РЕС_2, Патрон_12мм,
РЕС_7, Нет)= Нет
{определяет название моделируемого
ресурса}
Стратегия: (Q_Smin,Smax,Smax_Smin,User)
{определяет стратегию управления запасом
моделируемого ресурса}
Количество: integer
{ принятая единица измерения количества
ресурса: шт., кг, коробки и т.д.}
Средний_Спрос: real
{спрос ресурса в принятых единицах
за моделируемый период}
Стоимость_Доставки: real
{руб./партию, машину и т.д.}
За_Хранение_Единицы: real
{руб./принятую единицу в сутки}
Страховка_Запаса: integer
{ принятая единица измерения количества
ресурса: шт., кг, коробки и т.д.}
Интервал_Проверки: integer
{суток. Актуально для стратегий
Smax,Smax-Smin только.}
Последняя_Поставка: integer
{суток. Актуально для стратегий
Smax,Smax-Smin только }
Себестоимость: real
{руб., цена ресурса у поставщиков}
Цена: real
{руб., предполагаемая цена продажи
клиентам}
Проверен: (Да,Нет)= Нет
{служебная информация}
```

Поставка: (Да,Нет)= Нет
 {"Флаг" – осуществляется поставка ресурса
 или нет}
 \$End.

А временные ресурсы ТКлиент следующим образом:

\$Resource_type ТКлиент : temporary
 \$Parameters
 Состояние: (Пришел,Обслуживается)
 {описывает состояние клиента в системе}
 Название: such_as ТРесурс.Название
 {название требуемого ресурса}
 Сколько: integer
 {количество требуемого ресурса}
 \$End.

Файл описания ресурсов:

\$Resources
 <Имя ресурса>:<Тип ресурса>
 <Начальные значения параметров>
 \$End.

Количество ресурсов меняется в зависимости от изменения номенклатуры продаваемых ресурсов.

Файл описания операций:

\$Operations
 <Имя операции>: <Имя образца операции>
 <Параметр образца операции>
 <Параметр образца операции> .
 <Параметр образца операции>

 \$End.

В данной модели используются 10 постоянных операций. Однако количество операций варьируется в зависимости от номенклатуры моделируемых ресурсов и стратегий управления их запасами.

Файл описания образцов операций.

В образцах операций указывается условие выполнения операции, как требуемое состояние параметров ресурсов, участвующих в операции, или системы, а также описание изменений параметров ресурсов в момент начала и конца операции, например, образец операций Стратегия_Q_Smin имеет вид:

\$Pattern Стратегия_Q_Smin: operation
 \$Relevant_resources
 Рел_Ресурс: ТРесурс Keep Keep
 Рел_Система: РСистема NoChange Keep
 \$Time = Время_Доставки(Рел_Ресурс.Название)
 \$Body

Рел_Ресурс
 Choice from Рел_Ресурс.Средний_Спрос
 * Время_Доставки(Рел_Ресурс.Название)+
 Рел_Ресурс.Страховка_Запаса >=
 Рел_Ресурс.Количество and
 Рел_Ресурс.Стратегия = Q_Smin and
 Рел_Ресурс.Поставка = Нет
 first
 Convert_begin
 Поставка set Да
 Convert_end
 Количество set
 Рел_Ресурс.Количество+Round(Sqrt(2*Рел_Ресурс.Средний_Спрос*
 Рел_Ресурс.Стоимость_Доставки /
 Рел_Ресурс.За_Хранение_Единицы))
 Поставка set Нет
 Рел_Система
 Choice NoCheck
 first
 Convert_end
 Плата_За_Доставку set
 Рел_Система.Плата_За_Доставку +
 Рел_Ресурс.Стоимость_Доставки
 \$End.

Для выполнения данной операции используются ресурсы типа: ТСистема и ТРесурс. Условие выполнения данной операции зависит от состояния ресурсов системы указанных типов и определено в секции Choice from для каждого типа ресурса. В секциях Convert_begin и Convert_end описаны правила изменения состояния параметров ресурсов в начале и конце операции соответственно. В данной модели использовано 13 образцов операций. Однако количество образцов операций варьируется в зависимости от количества используемых стратегий управления их запасами.

Язык РДО-имитатора позволяет также описывать функции, определенные пользователем, константы и последовательности псевдослучайных. Также можно определить собираемые показатели и кадры системы анимации

В данной модели собираются следующие показатели функционирования:

- плата за хранение ресурсов на складе за моделируемый период;
- плата за дефицит ресурсов за моделируемый период;
- плата за доставку ресурсов за моделируемый период;
- прибыль;
- чистая прибыль.

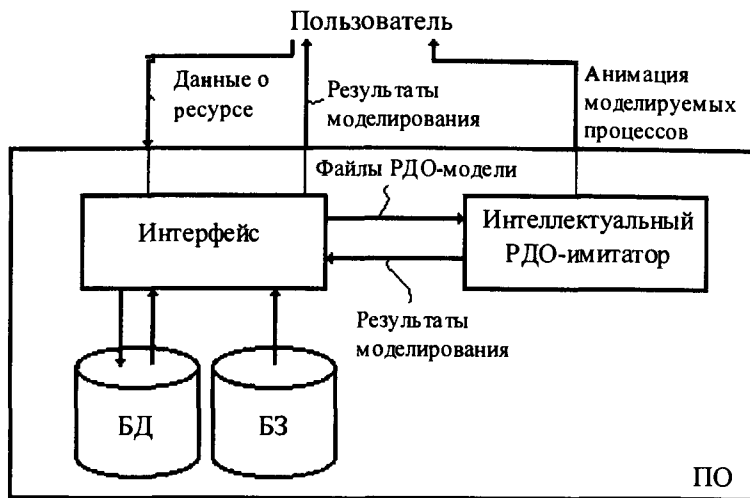


Рис. 4.14.2. Структура программного обеспечения

Программное обеспечение состоит из модели, написанной на языке интеллектуального РДО-имитатора, РДО-имитатора и дружественного проблемно-ориентированного интерфейса. Схему работы программного обеспечения можно представить как показано на рис. 4.14.2.

База данных (БД) содержит информацию о ресурсах и их характеристиках, вводимые пользователем. База знаний (БЗ) содержит информацию о правилах управления запасами по каждой представленной стратегии, о правилах изменения состояния характеристик моделируемых ресурсов. Во время прогона модели анимация процессов отражает реальные события в модели. Пользователь может влиять на скорость прогона модели, влияя на скорость анимации. Построенная система позволяет оценить реальную прибыль функционирования ПС в зависимости от выбранной стратегии управлением запасов с учетом случайности процессов поставки и потребления.

4.14.3. ОПЕРАТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТЫ УЧАСТКА

Рассмотрена задача оперативного планирования работы участка обработки древесно-стружечных плит (ДСП) в условиях динамически изменяющегося портфеля заказов. Главной целью являлась минимизация отклонения сроков выполнения заказов в производстве от сроков, установленных заказчиками. Для планирования используется имитационное моде-

лирование в сочетании с эвристическими приоритетными правилами. На основе проведенных исследований эффективности простых приоритетных правил был выбран вид составного приоритетного правила, а для определения оптимальных значений весовых коэффициентов использован простой генетический алгоритм оптимизации.

Задача оперативного планирования с учетом динамического изменения состояния системы и поиска решений в не полностью определенной ситуации может быть решена с применением методов искусственного интеллекта и имитационного моделирования. Человек-оператор, решая подобную задачу планирования, каждый раз применяет эвристики. Следовательно, система планирования должна демонстрировать правильное использование эвристик для принятия решения на каждом шаге поиска и выбора следующего шага решения в зависимости от того, какой получен результат в текущей ситуации. Метод решения такого класса задач должен предусматривать возможность выбора различных функций предпочтения на любом шаге поиска решения.

Рассмотрим участок механической обработки ДСП. Производство носит позаказный характер выпуска – работа ориентирована на текущий пакет заказов клиентов. Поэтому главная цель – это своевременное выполнение заказов. Каждый заказ включает в себя набор стандартных изделий.

Участок реализует завершающий этап в технологическом процессе изготовления деталей, предшествующий сборке. Поступающие на него заготовки представляют собой древесно-стружечные плиты, имеющие определенные размеры, с необработанными кромками. На участке их обрезают до требуемых размеров, обклеивают по периметру шпоном и проводят специальную механическую обработку поверхностей. Заготовки поступают на вход участка отдельными партиями. Партия представляет собой штабель одинаковых заготовок, размер которых может изменяться в пределах от 30 до 60 штук. Полученные на участке детали такими же партиями передаются для окончательной сборки из них изделий.

Структура размещения оборудования на участке представлена на рис. 4.14.3.

С входных рольгангов очередная выбранная для обработки партия заготовок транспортируется роботом_1 на вход линии_1 или линии_2 в зависимости от реализуемого техпроцесса. Данные линии являются кромкообразующими, они полностью взаимозаменяемы и работают в параллельном режиме. На них заготовки обрабатываются до требуемых раз-

меров, а также обклеиваются их кромки. Заготовки на данных линиях проходят только одностороннюю обработку (обрабатывается только правая и передняя по движению кромки). После этого заготовки транспортируются с линии_1 транспортером, а с линии_2 роботом_2 на приемный накопитель линий_31 и линии_32. Это линии фирмы "Homag" для формирования кромок, которые полностью взаимозаменяемы. На них производится специальная обработка кромок (недоступная для линии_1 и линии_2), а также обработка поверхностей заготовок. В зависимости от типа заготовки она может обрабатываться как на одной из этих линий, так и на обеих. Линия_31 и линия_32 могут работать параллельно или последовательно. С них заготовки транспортируются роботом_1 либо на линию_1, либо на линию_2, в зависимости от того, на какой из этих линий транспортируемая партия заготовок обрабатывалась вначале. После повторной обработки на линии_1 или на линии_2 теперь уже партии готовых деталей попадают на выходные рольганги, где они ожидают момента комплектации изделия, чтобы при помощи робота_3 быть доставленными на выход участка.

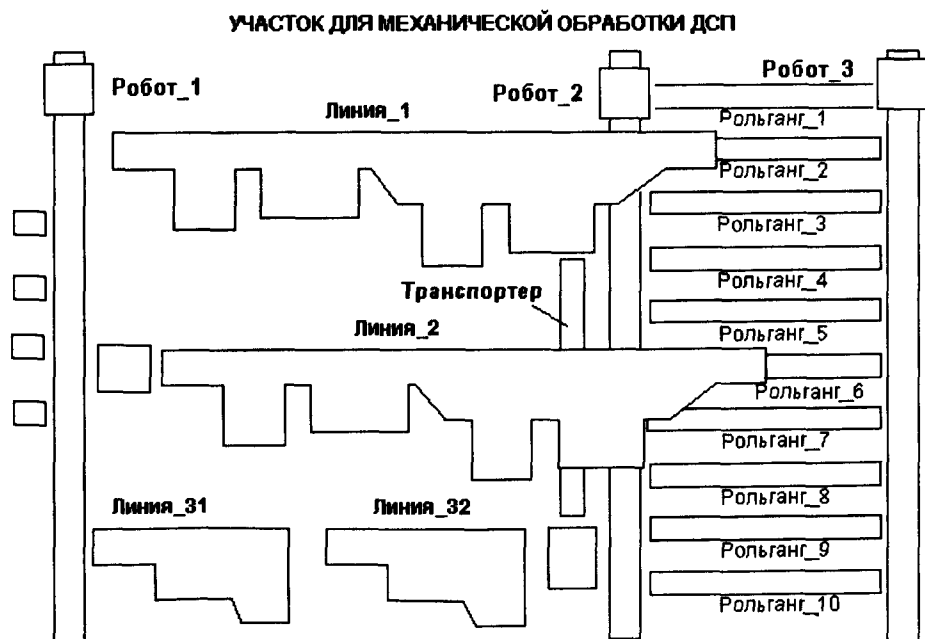


Рис. 4.14.3. Структура участка

Окончание обработки партии заготовок фиксируется с прибытием на выходной штабелер-укладчик последней обработанной ДСП. Переналадка линии под другую партию деталей производится только после окончания обработки предыдущей партии. Технологический процесс детали может разветвляться с целью получения различных модификаций исходной детали.

Исходными данными для системы управления участка является множество деталей, требующих изготовления на участке. Каждая деталь имеет свой приоритет, с учетом которого система управления составляет план работы участка. Формируемый план должен обеспечивать своевременное выполнение заказов. В качестве критерия T решения задачи оперативного планирования будем использовать суммарное отклонение времени выполнения заказов от плановых сроков. Критерий представляет собой взвешенную сумму абсолютных значений отклонений как в положительную, так и в отрицательную стороны:

$$T = \sum_{i=1}^I a_i |t_i| + \sum_{j=1}^J b_j |t_j|,$$

где t_i и t_j – соответственно опережение и запаздывание заказов, мин; a_i, b_j – весовые коэффициенты; такие что $a_i \ll b_j$, $i = 1, 2, \dots, I$; $j = 1, 2, \dots, J$; $n = I + J$ – общее количество заказов в пакете.

В описанных условиях производства система оперативного планирования должна быть адаптивной, иметь возможность подстраиваться под ситуацию на участке и к изменяющемуся портфелю заказов. Для придания системе планирования таких свойств используют составные приоритетные правила для назначения приоритетов партиям заготовок. Введение в составное приоритетное правило различных элементарных приоритетных правил позволяет комплексно учесть те положительные свойства расписания, которые обеспечивают эти правила по отдельности. Варьируя степень значимости отдельного приоритетного правила в составном, можно получать требуемые свойства плана.

Одна из главных проблем данного подхода – получение адекватной оценки для принимаемых решений, т.е. прогнозирование их последствий в будущем. Для этой цели ис-

пользуется имитационная модель, реализованная на языке РДО.

В имитационной модели участка были использованы следующие типы ресурсов:

- *Заказы* – ресурсы, описывающие заказы;
- *Линия* – ресурсы, представляющие линии;
- *Робот* – ресурсы, представляющие роботов;
- *Рольганг* – ресурсы, представляющие входные и выходные рольганги;
- *Деталь_станд* – ресурсы, описывающие стандартные детали, изготавливаемые на данном участке;
- *Система* – вспомогательный ресурс, описывающий работу участка.

Ресурсы имитационной модели принадлежат к одному из перечисленных классов и принимают участие в выполнении множества действий, имитируемых в модели. Эти действия описаны в образцах операций. В частности, имеются следующие образцы:

- *Появление_заказа* – регистрация заказа в системе;
- *Генерация_запуска* – поступление нескольких заказов в начальный момент времени;
- *Генерация_Заказа* – прибытие заказа в систему;
- *Генерация* – настройка системы для декомпозиции поступившего заказа;
- *Генерация_изделий* – декомпозиция заказа до уровня отдельных партий деталей;
- *Загрузка_партии* – выбор очередной партии заготовок и подготовка ее для запуска;
- *Запуск_партии* – запуск выбранной партии в производство;
- *Задержка_партии* – задержка партии из-за занятости выходных рольгангов;
- *Передвижение_1* – движение Робота_1 по вызову (порожнее);
- *Загрузка_роб* – загрузка роботов;
- *Транспортировка_1* – передвижение Робота_1 с партиями заготовок;
- *Транспортировка_2* – передвижение Робота_2 с партиями заготовок;
- *Работа_транспортера* – передвижение партий заготовок по Транспортеру;
- *Разгрузка_роб* – разгрузка роботов;
- *Переналадка_л* – переналадка линий под очередную партию заготовок;
- *Операция_1_2* – операция первичной обработки партии заготовок на Линии_1 и Линии_2;

– *Вызов_робота_2* – вызов *Робота_2* для перевозки партии заготовок с Линии_2 на Линию_31 или Линию_32 и другие.

Приоритетные правила:

статические, т.е. не меняющиеся в процессе использования:

– правило плановых сроков DDATE (Due date);

– правило LPT (Longest processing-time);

– правило поэтапных плановых сроков OPNDD (Operation due date);

– правило кратчайшей операции SPT (Shortest processing-time);

динамические, изменяющиеся во времени:

– правило по декору DEK;

– правило по стандартным деталям DET;

– правило оставшихся этапов;

– правило временного резерва на этап S/OPN (Slack per operation);

– правило случайного выбора RND (Random).

Составное приоритетное правило представляет собой взвешенную сумму простых. В зависимости от значений весовых коэффициентов составной приоритет дает различные по качеству расписания. Необходимо выбрать такие значения коэффициентов, которые бы обеспечили оптимальное в среднем планирование работы. Для оптимизации значений коэффициентов используется простой генетический алгоритм (ПГА), также написанный на РДО.

На рис. 4.14.4 представлены сравнительные результаты работы отдельных приоритетных правил и составного правила. Из графиков видно явное преимущество комбинированного приоритетного правила над используемыми простыми. Таким образом, применение ПГА обеспечивает рациональное сочетание положительных свойств, обеспечиваемых расписанию отдельными приоритетными правилами, что позволяет осуществлять эффективное планирование в позаказной системе производства.

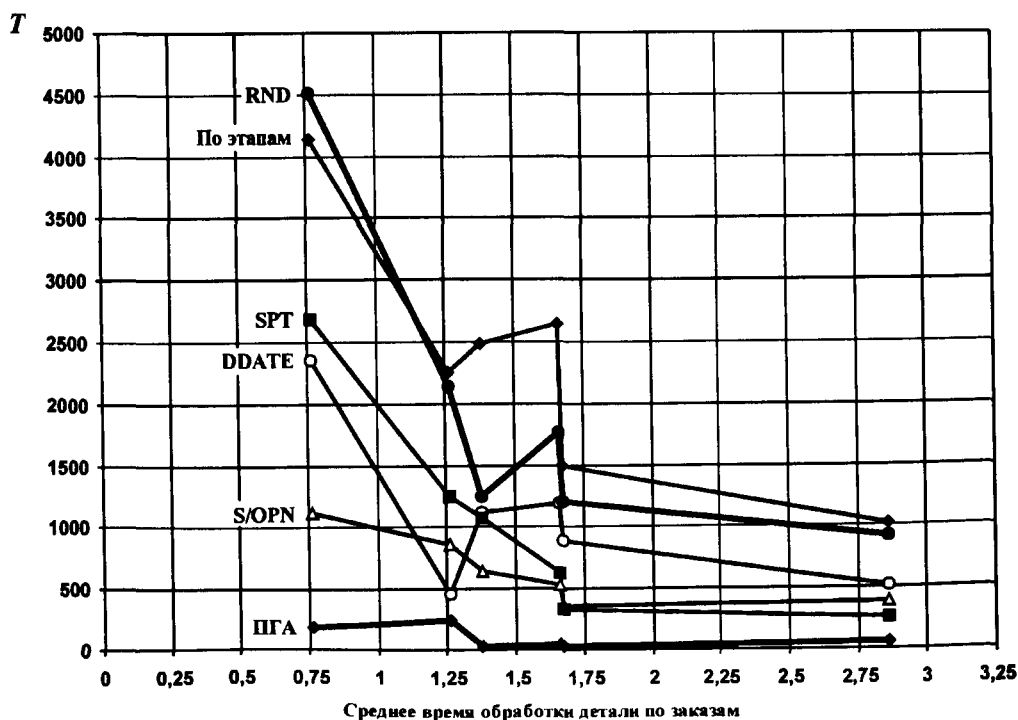


Рис. 4.14.4. Результаты сравнения эффективности приоритетных правил

Применение гибридных систем, сочетающих в себе различные методы и средства (в нашем случае имитационное моделирование и генетические поисковые алгоритмы), можно рассматривать как перспективное направление развития систем оперативного управления сложными системами и процессами. На этом пути основная проблема – это выбор информационной технологии для реализации гибридной системы и поддержания эффективных интерфейсов. РДО позволяет описывать и моделировать системы и процессы любой сложности, а также поддерживать принятие решений в процессе.

4.14.4. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЕИНЖИНИРИНГЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

Задача реинжиниринга – это фундаментальное переосмысление и радикальная перестройка бизнес-процессов для достижения коренного и одновременного улучшения критических показателей производительности, таких как стоимость, качество, объем и номенклатура предоставляемых услуг и скорость обслуживания.

Проект по реинжинирингу включает в себя ряд этапов, таких как:

- разработка образа будущей компании – спецификация основных целей компании исходя из ее стратегии, потребностей клиентов, общего уровня бизнеса в отрасли и текущего состояния компании;

- создание модели существующей компании (обратный инжиниринг). Разрабатывается детальное описание существующей компании, идентифицируются и документируются основные бизнес-процессы, оценивается их эффективность. Современные средства позволяют получить эту модель в статике, т.е. представить в виде схем выполняемые функции и документооборот. Отсутствие динамической компоненты делает такую модель неадекватной бизнес-процессу, так как сам термин процесс уже подразумевает его развитие во времени, во всей сложности взаимодействия участвующих в нем ресурсов компании. Кроме того, статическая модель дает мало возможностей аналитику для проведения экспериментов по осознанию тех факторов, которые будет необходимо изменить в будущем. Переход к модели будущей компании скорее всего потребует создания совершенно новой модели, а не модификации уже разработанной;

- разработка нового бизнеса (прямой инжиниринг). Этап начинается с создания более эффективных рабочих процедур, из которых строятся бизнес-процессы, определения способов использования информационных технологий, идентификации необходимых изменений в работе персонала. Далее осуществляют разработку бизнес-процессов компании на уровне трудовых ресурсов. Этап завершается разработкой поддерживающих информационных систем;

- внедрение перепроектированных процессов.

Рассматривая эти этапы, можно выделить задачи, для которых необходимо использовать моделирование и определить ряд требований к моделям.

Во-первых, каждый из этих этапов сам по себе представляет разработку той или иной модели. Эти модели должны позволять аналитику ставить все требуемые эксперименты и отражать динамику исследуемого процесса. При разработке моделей должны использоваться те знания, которые были получены на предшествующих этапах. Отсутствие преемственности моделей различных этапов – слабое место современной методологии реинжиниринга.

Во-вторых, так как этапы реинжиниринга сами по себе достаточно сложные, содержат много актов принятия решений (оценка вариантов, выбор из альтернатив, проверка гипотез), выполняются параллельно, содержат много неопределенных и случайных факторов, то для управления реинжинирингом необходимо использовать математическую модель этого процесса.

"Фундаментальное переосмысление" существующего бизнес-процесса невозможно без исследования этого процесса во всей сложности его проявлений, для того чтобы: выявить основные законы (суть) его внутреннего развития, определить наиболее тонкие места, найти наиболее чувствительные к изменению факторы, ответить на имеющиеся вопросы, подтвердить или отвергнуть выдвинутые аналитиками гипотезы, выявить внутренние противоречия и т.д. Выполнение любого из перечисленных исследований связано с созданием и использованием математических, статистических, экономических и других моделей.

Радикальная перестройка бизнес-процесса требует проведения активных экспериментов с тем, чтобы сравнить альтернативные варианты организации бизнес-процесса, выбрать или изо-

брести новые способы его проведения, определить значения ключевых переменных и т.д.

Решение указанных задач и других, связанных с реинжинирингом, обуславливает разработку и использование различных моделей. Многоаспектность проблемы и ее сложность объясняют невозможность разработки и использования одной общей для всех задач модели. Анализ и управление сложными процессами практически всегда приводит к созданию целого комплекса моделей, каждая из которых описывает какой-либо из аспектов (или несколько) процесса.

Разработка модели бизнеса связана с разработкой двух видов моделей, связанных с его внешней и внутренней сущностью. Внешняя модель описывает взаимодействие компании с внешним миром (клиентами, на удовлетворение потребностей которых направлена деятельность компании). Внутренняя модель описывает, каким образом осуществляется преобразование входных потоков компании в выходные, с учетом выполняемых при этом функций и используемых ресурсов.

Адекватность применяемых моделей существующему и проектируемому бизнес-процессам является неперенным условием успешности проведения реинжиниринга компании. Модель должна отражать всю деятельность компании как процесса, т.е. учитывать времена отдельных действий и событий, связанных с началом и окончанием этих действий, параллельности выполнения, использования общих и ограниченных ресурсов, взаимных блокировок и тупиков.

Наиболее продвинутым аппаратом, в какой-то мере отвечающим этим требованиям, является имитационное моделирование, традиционно используемое для решения задач анализа и управления сложными системами и процессами.

Язык РДО обеспечивает построение всех моделей бизнес-процесса на едином информационном пространстве и в единых формализмах, понятных менеджерам.

ИМ служит для выполнения анализа существующего бизнес-процесса (как есть) и в то же самое время является базой для создания ИМ будущего бизнес-процесса (как будет). При ее создании в РДО в существующую ИМ могут добавляться новые ресурсы, но главное, что в ней изменяются правила, описывающие закономерности взаимодействия ресурсов для достижения стоящих перед отделением целей.

На ИМ новой компании могут быть получены все требуемые характеристики и показатели функционирования бизнес-процесса. Эти значения позволяют сопоставить возможные результаты с существующими результатами у конкурентов и, таким образом, спрогнозировать и оценить успешность реинжиниринга.

Метод РДО, используя относительно компактные и независимые описания отдельных закономерностей бизнес-процесса, позволяет относительно легко модифицировать состав ресурсов и множество производственных правил. При этом никак не затрагиваются механизмы логического вывода, сбора показателей и визуализации процесса имитации.

Аппарат ИМ позволяет анализировать две модели компании: внешнюю и внутреннюю в динамике, учитывая параллельность подпроцессов, ограниченность ресурсов, их появление и удаление из модели, временные особенности свойств ресурсов и т.д.

ИМ обеспечивает имитацию процесса обработки требований, включая моделирование: работы операторов в окнах зала, генерирования прихода клиентов и типов заявок, движения клиентов в очередях, процесса распределения клиентов по очередям, обработку заявок клиентов внутри отделения, сбор статистик, визуализацию процесса работы отделения на экране ЭВМ. Для выполнения работ по реинжинирингу ИМ дополнена развитым проблемно-ориентированным интерфейсом пользователя. Интерфейс позволяет легко изменять число работающих окон, состав услуг, закрепленных за окном, временные режимы работы каждого окна, вводить (удалять) новые виды услуг, оказываемых отделением, изменять временные характеристики работы окон и отделения, выводить отчет по результатам имитации.

Опыт использования интеллектуального имитационного моделирования в рассматриваемой области показывает его эффективность и гибкость по отношению к другим традиционно используемым инструментальным средствам.

4.14.5. ПРОЕКТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Оперативное управление сложными системами, в частности, производственными системами, связано с большим количеством актов принятия решений. Сложность ПС, неопределенность в данных, действие случайных возму-

шений, непостоянство характеристик, а также ряд других причин приводят к тому, что учесть все возможные ситуации и предусмотреть жесткие алгоритмы управления для каждой из этих ситуаций практически невозможно.

При проектировании систем управления (СУ) разработчики сталкиваются с проблемой изучения оценки различных стратегий управления. Единственным разумным подходом при проектировании алгоритмов СУ сложными производственными системами представляется использование имитационной модели, воспроизводящей реакцию объекта на управление вместо использования для этой цели самого объекта. Эксперименты с реальным объектом могут быть дороги, небезопасны, наконец, объект может не существовать.

Для решения этой задачи необходимо инструментальное средство, позволяющее разрабатывать как детальные ИМ процессов и систем, так и стратегии управления, в частности, ЭС. Системы, сочетающие возможности ИМ, ЭС и традиционных вычислительных методов, получили название гибридных систем (ГС).

Рассмотрим разработку алгоритмов системы управления автоматизированной линией упаковки жидких продуктов. Линия упаковки состоит из нескольких машин, выполняющих различные этапы процесса упаковки. Эти машины соединены системой конвейеров, предназначенных для передачи емкостей между машинами и их накопления (рис. 4.14.5).

Основная цель управления линиями такого рода – это балансировка производственных потоков и емкости буферных накопителей. Это достигается регулировкой скоростей ресурсов линии, в частности, конвейеров, для того чтобы получить оптимальную производи-

тельность и наилучшее качество конечного продукта.

Если бы функционирование линии было идеальным, регулирование было бы не нужно. Но при высоком уровне производительности ресурсы системы подвержены отказам и сбоям, таким как:

- отказы, требующие полной остановки оборудования;
- вынужденные остановки из-за отсутствия материалов на входе или отсутствия свободного места на выходе;
- мелкие проблемы: сбой длительно-стью менее одной минуты.

Отказы первого типа не могут быть непосредственно решены СУ. Но это может быть сделано для сбоев второго и особенно третьего типа. Одной из задач СУ является (с помощью специальных стратегий) сглаживание и минимизация воздействия сбоев на некотором элементе линии на другие элементы системы. Различные стратегии управления могут быть описаны в терминах правил, определяющих как переключаться из одного устойчивого состояния в другое или когда и как реагировать на конкретные ситуации.

Для рассматриваемой линии упаковки система управления должна воспринимать и обрабатывать информацию о текущем состоянии машин, датчиков и конвейеров и в зависимости от ситуации менять скорость машин и конвейеров. Наиболее важной задачей является управление моноблоком, который является наименее гибкой машиной. Для его нормального функционирования необходимо уменьшать, насколько возможно, количество пусков/остановок, чтобы обеспечить стабильность температуры и давления в рабочей зоне.



Рис. 4.14.5. Структура линии упаковки жидкостей

ИМ, разработанная для изучения различных стратегий регулирования, позволяет детально воспроизводить поведение линии упаковки жидких продуктов и описывать и исследовать различные алгоритмы системы управления. Модель состоит из трех основных частей: модель физической линии, модель датчиков и СУ (рис. 4.14.6). Все составные части описываются одинаковым образом с использованием РДО-языка. Модель включает три машины, шесть конвейеров и четырнадцать датчиков. Рис. 4.14.7 изображает кадр анимации для разработанной модели. На нем можно видеть те-

кущее состояние машин, конвейеров и датчиков, расположение партий емкостей вдоль лент конвейеров, положение фронтов аккумуляции и другие данные, позволяющие наглядно представить процесс и оценить качество управления.

Для построения модели использованы следующие типы ресурсов: *a_Conveyer* (конвейер), *a_Batch* (партия емкостей), *a_Detector* (датчик), *a_Machine* (машина).

Всего модель содержит 5 типов ресурсов, 105 ресурсов и 63 образца операций (модифицированных производственных правил), описывающих логику функционирования линии.

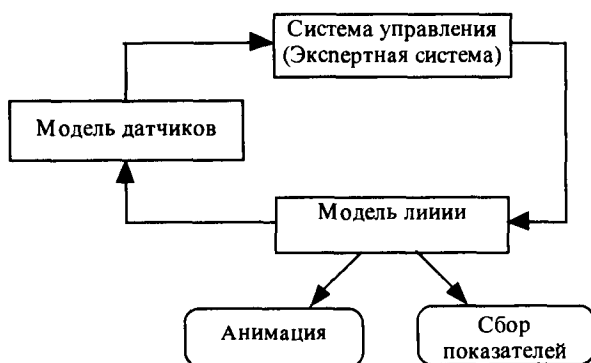


Рис. 4.14.6. Структура имитационной модели линии

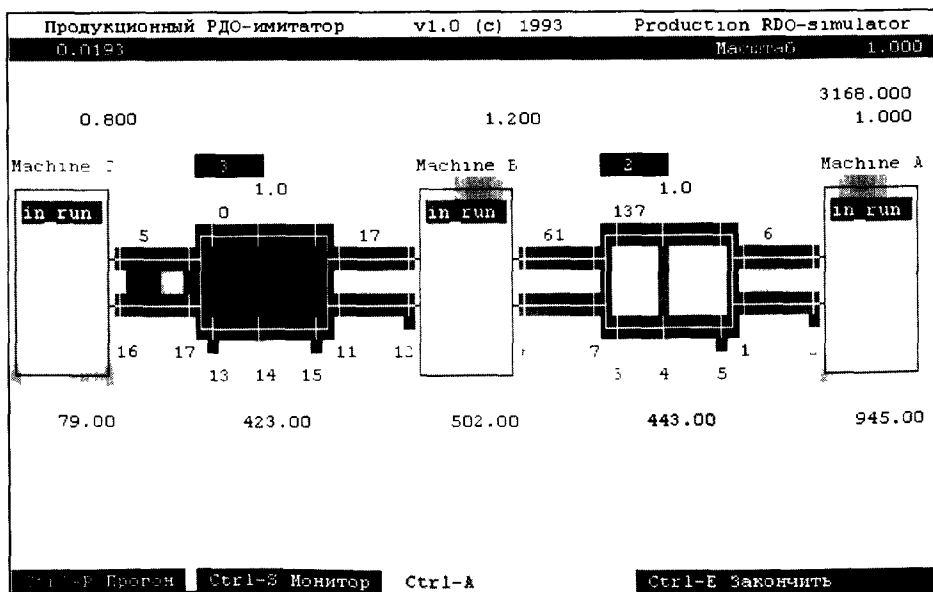


Рис. 4.14.7. Модель существенной части линии

Ниже в качестве примера приводится описание конвейера на РДО-языке.

```
$Resource_type a_Conveyor : permanent
$Parameters
    number          : integer [1..200]
    number_of_bands : integer [1..14]
    length          : real
    prev_conv_number : integer [0..200]
    next_conv_number : integer [0..200]
    passing_cap     : integer [0..14]
    cur_speed       : real
    cur_rate        : real = 1.0
    change_speed    : (yes, no) = no
    cur_quant       : integer = 0
    cur_batch_quant : integer [0..255] = 0
    batch_quant     : integer = 0
    enter_state     : (enter_free, enter_in_
                      process) = enter_free
    state           : (free, moving) = free
    lap_count       : integer = -32768
    position        : real = 0.0
$End.
```

Основными параметрами конвейера, необходимыми для его детального моделирования, являются номер (number), количество лент (number_of_bands), длина (length), номера конвейеров, расположенных перед и после данного (prev_conv_number, next_conv_number), текущая скорость (cur_speed), количество емкостей в зоне аккумуляции конвейера (cur_quant), количество партий емкостей на конвейере (cur_batch_quant), параметры, необходимые для моделирования процесса непрерывного движения конвейера, и другие.

Описание ресурсов системы задает состав системы и начальные значения параметров элементов системы.

```
$Resources
Conveyor_1 : a_Conveyor 1 1 4.25 100 2 1 4500.0
Conveyor_2 : a_Conveyor 2 4 6.5 1 3 4 1100.0
Conveyor_3 : a_Conveyor 3 1 4.25 2 0 1 4440.0
Detector_1_1 : a_Detector 1 1 0.375
Detector_2_1 : a_Detector 2 1 3.375
Detector_1_2 : a_Detector 3 2 0.375
Detector_2_2 : a_Detector 4 2 3.125
Detector_3_2 : a_Detector 5 2 5.625
Detector_1_3 : a_Detector 6 3 0.375
Detector_2_3 : a_Detector 7 3 3.375
Machine_A : a_Machine 48000.0 1.0 0.03 stop
Machine_B : a_Machine 48000.0 1.0 0.03 stop
$End.
```

В этом фрагменте описана часть линии, состоящая из трех конвейеров, семи датчиков и двух машин. Заданы начальные значения всех параметров этих элементов. В процессе моделирования эти значения изменяются в соответствии с логикой функционирования линии.

Основой ИМ линии является производственная модель конвейера. Аккумулирующие конвейеры обычно моделируются как очередь и временная задержка, соответствующие устойчивому состоянию. Подробное рассмотрение показывает, что их поведение более сложно. Оно колеблется между накоплением и передачей без накопления. Это означает, что задержка передачи продуктов всегда меняется, и она не скрыта аккумуляцией. Модель конвейера на РДО-языке учитывает оба аспекта (накопление и передачу) и детально моделирует конвейер с учетом пространственного расположения емкостей вдоль ленты конвейера. Она включает следующие образцы операций, описывающие поведение конвейеров:

Conveyor_moving_pat – описывает движение конвейера в случае, если нет увеличивающейся партии в начале конвейера;

Batch_creating_pat – описывает создание новой партии, если ранее партии в начале конвейера не было и имеется такая возможность;

Conveyor_accepting_pat – описывает движение конвейера с увеличивающейся партией в начале конвейера;

Batch_cutting_pat – описывает отрыв увеличивающейся партии в различных ситуациях, таких как изменение скорости конвейера или отсутствие емкостей на предыдущем конвейере;

Batch_passing_pat – описывает передачу емкостей из движущейся партии в аккумуляционную часть конвейера, если партия достигла фронта аккумуляции;

Batch_erasing_pat – описывает уничтожение партии, если все емкости перешли в аккумуляционную часть конвейера.

Пространственное расположение емкостей на конвейере и их движение моделируется с использованием партий емкостей. Партия – это множество расположенных рядом емкостей, в котором расстояния между емкостями одинаково. Партия имеет прямоугольную форму и занимает по ширине весь конвейер. При выполнении определенных условий у края конвейера, примыкающего к предыдущему конвейеру, начинает формироваться партия емкостей. Она формируется до тех пор, пока

не наступит ситуация, когда далее это делать невозможно. Это может быть вызвано отсутствием емкостей на предыдущем конвейере или изменением скорости конвейера (от скорости зависит расстояние между емкостями). В таком случае партия "отрывается" от края конвейера. На конвейере может находиться одна формирующаяся (увеличивающаяся) партия и любое количество движущихся партий. У края конвейера, прилегающего к следующему конвейеру, находится зона накопления (аккумуляции). Емкости в этой зоне располагаются вплотную друг к другу. При достижении партией границы зоны накопления происходит постепенная передача емкостей из партии в зону накопления.

Рассмотрим в качестве примера более детально движение конвейера с увеличивающейся партией. В начале этой операции есть увеличивающаяся партия в начале конвейера и есть емкости в аккумуляционной части предыдущего конвейера (если нет емкостей в аккумуляционной части предыдущего конвейера, происходит отрыв партии и образуется движущаяся партия). Во время операции следующая порция емкостей передается с предыдущего конвейера на данный и данный конвейер продвигается на определенную дистанцию. Соответствующий образец приведем ниже.

\$Pattern Conveyor_accepting_pat : operation

\$Parameters

Conveyor_number : such_as_a_Conveyor.number

\$Relevant_resources

This_conveyor : a_Conveyor Keep Keep

Prev_conveyor : a_Conveyor NoChange Keep

This_batch : a_Batch Keep Keep

\$Time = (Bottle_size + This_batch.inter_dist) /
This_conveyor.cur_speed

\$Body

This_conveyor

Choice from This_conveyor.number =
Conveyor_number

and This_conveyor.state = free

and This_conveyor.enter_state =
enter_in_process

and This_conveyor.change_speed <> yes

and This_conveyor.cur_speed > 0.0

and This_conveyor.cur_quant * Bottle_size /
This_conveyor.number_of_bands

<= This_conveyor.length - Bottle_size

first

Convert_begin

state set moving

Convert_end

state set free

lap_count set This_conveyor.lap_count +

If_LT(This_conveyor.position
- (Bottle_size + This_batch.inter_dist))
position set New_position (This_
conveyor.position - (Bottle_size + This_
batch.inter_dist), This_conveyor.length)

Prev_conveyor

Choice from Prev_conveyor.next_conv_

number = Conveyor_number

and Prev_conveyor.cur_quant > 0

and Prev_conveyor.change_speed <> yes

and Prev_conveyor.cur_speed > 0.0

first

Convert_end

cur_quant set Prev_conveyor.cur_quant -
This_batch.accepting_quant

This_batch

Choice from This_batch.conv_number =

Conveyor_number and

This_batch.state = in_accepting

first

Convert_begin

accepting_quant set Min(This_conveyor.
passing_cap,

Prev_conveyor.cur_quant)

Convert_end

cur_quant set This_batch.cur_quant +

This_batch.accepting_quant

length set This_batch.length + (Bottle_size
+ This_batch.inter_dist)

\$End.

В этой операции участвуют три релевантных ресурса: данный конвейер, предыдущий конвейер и увеличивающаяся партия на данном конвейере. Для начала операции требуется, чтобы конвейер был свободен, т.е. предыдущая операция передачи была завершена (This_conveyor.state = free), на данном конвейере была увеличивающаяся партия (This_conveyor.enter_state = enter_in_process), на данном конвейере было достаточно места для новой порции емкостей и так далее. Размер передаваемой партии определяется как минимум из количества лент на данном конвейере и количества емкостей в аккумуляционной части предыдущего конвейера. Длительность операции определяется как необходимое расстояние (диаметр емкости плюс среднее расстояние

между емкостями в партии) деленное на текущую скорость конвейера.

Модель датчика описывает переключение его состояния в зависимости от состояния конвейера и партий. В общем случае датчик, исходя из конструкций реальных датчиков, используемых на линии, может иметь три различных состояния, т.е. распознавать три ситуации: Ничего – нет проходящей партии и нет аккумуляции в месте установки датчика; Партия – имеется проходящая партия в месте установки датчика и Аккумуляция – есть аккумуляция в месте установки датчика.

Пример соответствующего образца описывает переключение датчика в состояние Аккумуляция, когда фронт аккумуляции достигает места установки датчика.

```
$Pattern Detector_to_accum_pat : rule
$Parameters
  Conveyer_number : such_as a_Conveyer.number
$Relevant_resources
  This_conveyer : a_Conveyer NoChange
  Some_detector : a_Detector Keep
$Body
  This_conveyer
  Choice from This_conveyer.number =
  Conveyer_number
  first
  Some_detector
  Choice from Some_detector.conv_number =
    Conveyer_number
    and Some_detector.state <> accum
    and Some_detector.coord
    <= This_conveyer.cur_quant *
    Bottle_size
    / This_conveyer.number_of_bands
  first
  Convert_rule
    state      set accum
    switch_time set Time_now
$End.
```

Система управления по существу представляет собой экспертную систему (или в простейшем случае набор решающих правил), которая функционирует внутри имитационной модели. Она анализирует состояние датчиков и машин и вырабатывает решения о режимах функционирования, необходимых для того, чтобы удовлетворить некоторым критериям и ограничениям. Пример продукционного правила системы управления приведен ниже.

```
$Pattern Control_MA_80_to_100_pat : rule
$Relevant_resources
  Machine : Machine_A Keep
$Body
  Machine
  Choice from Machine.status = in_run and
  Machine.cur_rate = 0.8
  and [Detector_2_1.state <> accum or
  Time_now - Detector_2_1.switch_time
  < 0.00005]
  and Conveyer_1.cur_speed >
  Machine.capacity * 1.1 * Bottle_size
  and Machine_B.status <> broken
  and [[Detector_2_2.state <> accum
  or Time_now - Detector_2_2.switch_time
  < 0.0002]
  and Time_now - Machine.switch_time
  > Min_120_80_time]
  first
  Convert_rule
    cur_rate      set 1.0
    status        set in_run
    switch_time   set Time_now
$End.
```

Это правило переключает скорость машины с 80 до 100 % номинальной скорости при выполнении определенных условий. Среди этих условий такие как: машина должна работать, датчик 2_1 не должен детектировать аккумуляцию, следующая машина не должна быть сломана, скорость конвейера 1 должна быть больше определенной величины и др.

Первая версия управляющих правил сформулирована для фрагмента линии, состоящего из двух машин, трех конвейеров и семи датчиков с использованием только текущей информации о состоянии датчиков. На рис. 4.14.8 представлены неудовлетворительные результаты имитационного прогона (много переключений скорости машин и они происходят очень часто), необходимо улучшить их с использованием дополнительной информации.

Например, можно попытаться улучшить регулирование с использованием временных ограничений на переключение машин (т.е., чтобы переключить скорость машины, необходимо ждать некоторое предопределенное время после последнего переключения). Такое регулирование лучше, но все же недостаточно хорошее.

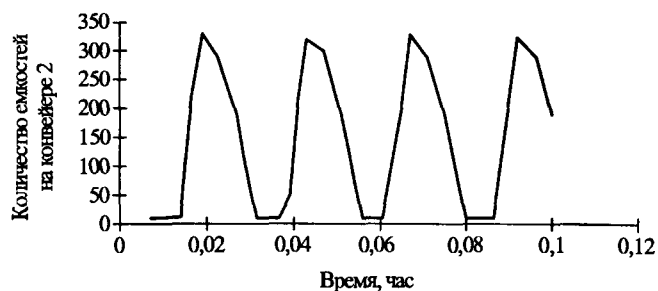


Рис. 4.14.8. Результаты имитационного прогона

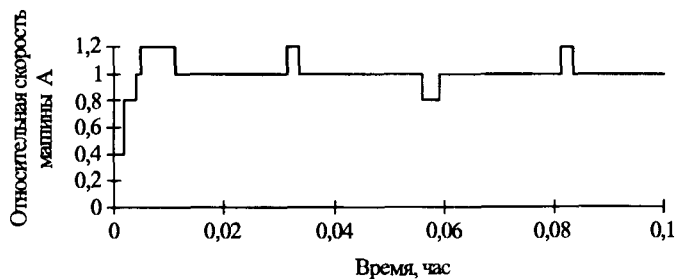
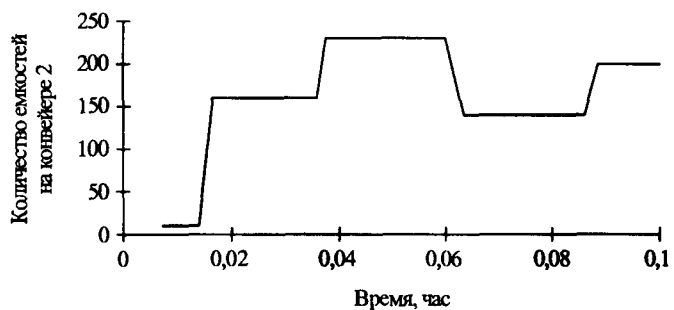


Рис. 4.14.9. Улучшенные результаты имитационного прогона при гладком регулировании

Использование дополнительной информации о количестве емкостей между двумя машинами позволяет снизить пределы изменения текущего количества емкостей на аккумуляционном конвейере.

Используя и информацию о количестве емкостей и временные ограничения, можно достичь гладкого регулирования (рис. 4.14.9). Примеры соответствующих правил приведены ниже.

```

$Pattern Control_MA_100_to_120_pat : rule
$Relevant_resources
  Machine : Machine_A Keep
  Dummy : Conveyor_A Keep
$Body
  Machine
    Choice from Machine.status = in_run and
    Machine.cur_rate = 1.0 and
    [Detector_2_1.state <= accum or Time_now
    - Detector_2_1.switch_time < 0.00005]
    and Conveyor_1.cur_speed >
    Machine.capacity * 1.32 * Bottle_size
    and Machine_B.status <= broken
    and [Detector_2_2.state <= accum
    and Time_now - Detector_2_2.switch_time
    > Smooth_time
    and Time_now - Machine.switch_time
    > Smooth_time
    or Time_now - Machine.switch_time > 0.001
    and Machine_A.bot_count - Machine_B.
    bot_count < Normal_quant - Normal_range]

```

```

first
  Convert_rule
    cur_rate set 1.2
    status set in_run
    switch_time set Time_now

```

```

Dummy
  Choice NoCheck first
  Convert_rule
    cur_speed set Machine.capacity *
    Machine.cur_rate * Bottle_size
    change_speed set yes

```

\$End.

```

$Pattern Control_MA_120_to_100_pat : rule
$Relevant_resources
  Machine : Machine_A Keep
  Dummy : Conveyor_A Keep
$Body
  Machine
    Choice from Machine.status = in_run and
    Machine.cur_rate = 1.2
    and [Detector_2_1.state <= accum or
    Time_now - Detector_2_1.switch_time
    < 0.00005]
    and Conveyor_1.cur_speed >
    Machine.capacity * 1.10 * Bottle_size
    and [Detector_2_2.state = accum
    and Time_now - Detector_2_2.switch_time
    > 0.0002
    and Time_now - Machine.switch_time
    > Min_120_80_time
    or Machine_A.bot_count -
    Machine_B.bot_count > Normal_quant

```

```

    and Time_now - Machine.switch_time
    > Min_120_80_time
    or Conveyor_1.cur_speed <=
    Machine.capacity * 1.32 * Bottle_size]
first

```

```

  Convert_rule
    cur_rate      set 1.0
    status         set in_run
    switch_time    set Time_now

```

```

Dummy
  Choice NoCheck first
  Convert_rule
    cur_speed      set Machine.capacity *
    Machine.cur_rate * Bottle_size
    change_speed    set yes

```

\$End.

Еще одна возможность улучшить характеристики линии – регулировать скорость конвейеров. Пример правил регулирования скорости конвейеров приведен ниже.

```

$Pattern Control_C2_1_to_1_3_pat : rule
$Relevant_resources
  Conveyor : Conveyor_2 Keep

```

```

$Body
  Conveyor
    Choice from Conveyor.cur_rate = 1.0
    and [Detector_2_2.state <= accum
    and Time_now - Detector_2_2.
    switch_time > 0.002]
    and Detector_3_2.state <= nothing

```

```

first
  Convert_rule
    cur_speed      set Conveyor.cur_speed * 1.3
    cur_rate        set 1.3
    change_speed    set yes

```

\$End.

```

$Pattern Control_C2_1_3_to_1_pat : rule
$Relevant_resources
  Conveyor : Conveyor_2 Keep

```

```

$Body
  Conveyor
    Choice from Conveyor.cur_rate = 1.3
    and [Detector_2_2.state = accum
    and Time_now - Detector_2_2.
    switch_time > 0.002]

```

```

first
  Convert_rule
    cur_speed      set Conveyor.cur_speed / 1.3
    cur_rate        set 1.0
    change_speed    set yes

```

\$End.

Эти правила переключают скорость конвейера со 100 до 130 % номинала и обратно при выполнении определенных условий, записанных в предусловии правила.

Результаты показывают возможность использования РДО-имитатора для разработки алгоритмов и стратегий систем управления. Ясное разделение между моделью линии, моделью датчиков и системой управления, написанными на одном и том же языке, позволяет выделить алгоритмы управления и легко изменять их, изучая поведение линии в различных условиях и при различном управлении. Использование общей модели детекторов и конвейеров позволяет существенно расширить модель линии.

4.14.6. ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА

С увеличением степени автоматизации производства и ужесточением требований рынка производственным предприятиям требуются все более мощные системы краткосрочного планирования производства (декада, неделя, сутки, смена). При краткосрочном планировании требуется составление много более детальных планов, чем при планировании на длительный срок, необходим учет вспомогательных ресурсов. Это приводит к трудностям в использовании хорошо известных методов исследования операций, которые требуют различных упрощений при постановке задачи планирования. Детальные расписания с учетом любых ограничений могут быть составлены с помощью имитационной модели,

но при этом используются различные эвристики и требуется участие человека, поскольку ИМ не обладает способностью к оптимизации.

Существует множество систем планирования, использующих ИМ. В таких системах человек составляет расписание по следующей схеме: задаются значения параметров, которые можно менять, ИМ рассчитывает вариант плана, человек анализирует полученное расписание и принимает решение об изменении значений параметров. Этот итеративный процесс продолжается до тех пор, пока не будет получен приемлемый вариант расписания. Окончательное решение принимается человеком с учетом результатов, полученных на ИМ. Недостаток подобного рода систем составления расписания состоит в том, что необходимо привлечение опытного планировщика-эксперта.

При составлении расписания на основе ИМ для имитации деятельности планировщика может быть использована экспертная система (ЭС). Системы, сочетающие в себе свойства ЭС и традиционных вычислительных методов (имитационное моделирование, исследование операций), получили название гибридных систем (ГС). ГС обладают широкими возможностями использования для планирования производства.

Рассматриваемая ГС состоит из следующих основных частей: ИМ участка, создающей версию расписания, блока инициализации, подготавливающего ИМ к прогону, блока вычисления показателей качества версии расписания и ЭС, включающей блок анализа и генерации гипотез, блок упорядочивания гипотез и механизм возврата (рис. 4.14.10).

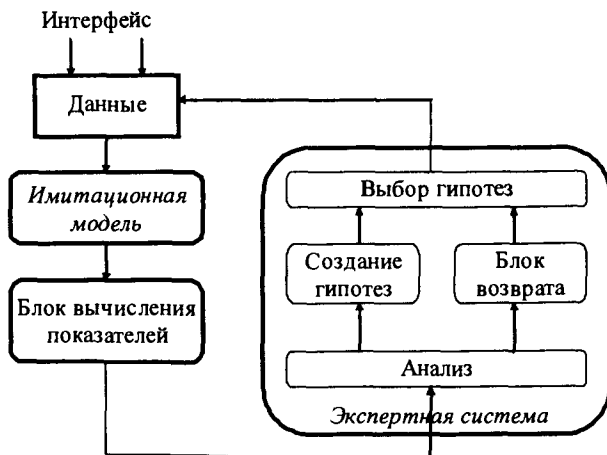


Рис. 4.14.10. Структура гибридной системы

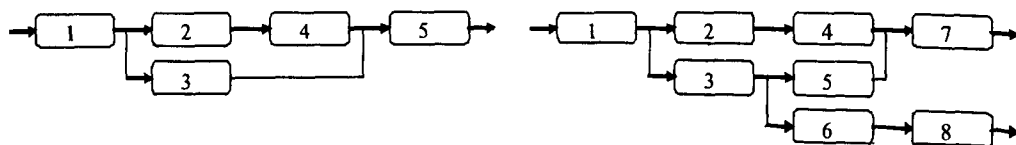


Рис. 4.14.11. Примеры маршрутов деталей

Для разработки всех частей прототипа ГС использован РДО-имитатор.

Участок, для которого проводится планирование, состоит из семи станков и производит детали десяти различных типов. Маршрут обработки деталей представляет собой граф возможных альтернатив. Примеры маршрутов представлены на рис. 4.14.11. Для каждой операции известны номер станка, который должен выполнять эту операцию, длительность операции и номер наладки. В тестовых прогонах строилось расписание для обработки на участке десяти имеющихся на момент планирования заказов. Каждый заказ включает детали одного типа и описывается номером типа деталей, количеством деталей, наиболее ранним временем начала и сроком выполнения. Исходными данными для системы краткосрочного планирования являются результаты работы систем долгосрочного планирования типа MRP-II.

Все элементы участка, необходимые при построении расписания, представлены в модели в терминах РДО-метода как ресурсы. Множество ресурсов разбивается на подмножества ресурсов, имеющих одинаковые свойства и описываемых одинаковыми параметрами. ИМ участка включает следующие основные типы ресурсов:

- *a_Machine_Tool* – ресурсы этого типа описывают станки, они имеют такие параметры, как номер, текущий и требуемый номера наладок, состояние, счетчик времени, необходимого для обработки всех деталей, ожидающих обработки на данном станке, суммарное время обработки и переналадки станка, номер функции критического отношения (одна из переменных оптимизации);

- *an_Order* – описывают заказы, их параметры включают исходные характеристики заказов, переменные оптимизации (приоритет заказа и номер размера транспортной партии), состояние заказа, количество созданных и обработанных транспортных партий, параметры, используемые для оценки качества расписания – время изготовления заказа и опоздание;

- *an_Operation* – ресурсы этого типа хранят информацию о маршрутах обработки деталей и имеют следующие основные параметры: номер типа детали и номер операции в графе для данного типа деталей, номер станка, на котором должна выполняться операция, номер необходимой наладки, длительность выполнения операции, номер предшествующей операции в графе;

- *a_Batch* – ресурсы этого типа описывают транспортные партии деталей, они создаются в имитационной модели в момент, когда наступает время прибытия соответствующего заказа. Основные параметры ресурсов этого типа: уникальный номер в системе, номер заказа, номер типа деталей, количество деталей (размер), количество выполненных операций, состояние, номер станка, где находится транспортная партия, номер назначенной следующей операции, номер станка, назначенного для выполнения следующей операции, ряд параметров, хранящих характеристики соответствующего заказа и назначенной следующей операции.

Протекающий в производственной системе процесс описывается модифицированными продукционными правилами на РДО-языке. Каждое правило описывает возможное действие в моделируемой системе. Для рассматриваемой задачи создана простая ИМ, в которой описаны следующие действия, имеющие место в реальной системе:

- обработка транспортной партии деталей на станке; длительность обработки вычисляется как количество деталей в транспортной партии, умноженное на штучное время для данной операции;

- транспортировка транспортных партий между станками или между центральным складом и станком; время транспортировки между каждой парой мест погрузки-выгрузки задается матрицей;

- переналадка станка; время переналадки зависит от номеров текущей и требуемой наладок и определяется по заданной матрице, одинаковой для всех станков;

– создание транспортных партий для прибывшего заказа в момент прибытия; количество транспортных партий и количество деталей в них определяется размером транспортной партии и количеством деталей в заказе (последняя транспортная партия содержит остаток заказа, и ее размер может быть меньше заданного).

Чтобы записать модифицированное производционное правило (образец) в РДО-методе, необходимо перечислить ресурсы (элементы) системы, которые участвуют в выполнении действия (они называются релевантными ресурсами) в разделе *\$Relevant_resources*, записать арифметическое выражение для вычисления длительности действия (раздел *\$Time=*) и для каждого релевантного ресурса определить предусловие (логическое выражение, определяющее возможность начала действия) и новые значения параметров ресурса после событий начала и окончания действия (арифметические выражения для вычисления новых значений) в разделе *\$Body*.

Рассмотрим для примера образец, описывающий обработку транспортной партии на станке. Этот образец, записанный на РДО-языке, приведен ниже.

```
$Pattern Обработка_на_станке : operation
$Relevant_resources
    Станок : Станки Keep Keep
    ТрПартия : Транспортные_партии Keep Keep
    СледОпер : Операции NoChange NoChange
$Time = ТрПартия.штучное_время *
ТрПартия.размер
$Body
    Станок
        Choice from Станок.номер_
        транспортной_партии <> 0 and
            Станок.номер_наладки = Станок.
            номер_требуемой_наладки and
            Станок.состояние = свободен
        first
    Convert_begin
        состояние set занят
        время_начала set Системное_время
    Convert_end
        состояние set свободен
        счетчик_назначенных
        set Станок.счетчик_назначенных – 1
        время_назначенных
        set Станок.время_назначенных –
        ТрПартия.штучное_время *
```

```
ТрПартия.размер
номер_транспортной_партии set 0
время_обработки set Станок.время_
обработки + (Системное_время –
Станок.время_начала)
```

```
ТрПартия
Choice from ТрПартия.номер =
Станок.номер_транспортной_партии and
ТрПартия.состояние = ожидает_обработки
first
Convert_begin
    состояние set обработка
Convert_end
    состояние set ожидает_назначение
    завершенная_операция set
    ТрПартия.назначенная_операция
    колич_след_операций set
    СледОпер.колич_след_операций
СледОпер
Choice from СледОпер.номер_детали =
ТрПартия.номер_детали and
СледОпер.номер_операции =
ТрПартия.назначенная_операция
first
```

\$End.

В обработке принимают участие три ресурса: *Станок* – некоторый станок из имеющихся в системе, *ТрПартия* – некоторая транспортная партия, готовая для обработки, и *СледОпер* – ресурс, хранящий информацию о следующей операции (некоторые параметры следующей операции используются в образце). Длительность действия обработки вычисляется как произведение штучного времени на размер транспортной партии (*ТрПартия.штучное_время * ТрПартия.размер*).

Станок должен иметь назначенную для обработки транспортную партию (назначение производит другое правило) *Станок.номер_транспортной_партии <> 0*, номер текущей наладки должен быть равен номеру требуемой наладки *Станок.номер_наладки = Станок.номер_требуемой_наладки* (в противном случае необходима переналадка) и, кроме этого, станок должен быть свободен *Станок.состояние = свободен*. В начале действия обработки станок становится занят *состояние set занят* и запоминается текущее системное время *время_начала set Системное_время*. В конце обработки станок становится свободным *состояние set свободен* и не имеет назначенной транспортной партии *номер_транспортной_партии set 0*. Вычисляется также ряд вспомогательных и результирующих значений: количество транс-

портных партий, назначенных для обработки на данном станке (*счетчик_назначенных set Станок.счетчик_назначенных* – 1), суммарное время обработки всех назначенных транспортных партий (*время_назначенных set Станок.время_назначенных* – *ТрПартия.штучное_время * ТрПартия.размер*) и суммарное время работы данного станка (*время_обработки set Станок.время_обработки + (Системное_время – Станок.время_начала)*). Транспортная партия должна иметь номер, совпадающий с номером назначенной для станка транспортной партии (*ТрПартия.номер = Станок.номер_транспортной_партии*) и должна быть готова к обработке (*ТрПартия.состояние = ожидает_обработки*). Состояние обрабатываемой транспортной партии изменяется в начале (*состояние set обработки*) и в конце обработки (*состояние set ожидает_назначение*). В конце вычисляются также значения некоторых вспомогательных параметров, необходимые для назначения следующей операции и станка.

Ситуации, в которых необходимо принятие некоторого решения, называются точками принятия решения. В разработанной ИМ рассматриваются следующие точки принятия решений.

После того как закончена некоторая операция обработки, необходимо выполнить для данной транспортной партии назначение станка для следующей операции обработки. Это легко сделать, если есть только одна возможность. Но иногда в соответствии с графом технологического процесса (рис. 4.14.10) имеется две возможных следующих операции (в данной модели рассматриваются ситуации, когда возможных следующих операций не более двух). В этом случае выбирается операция, для выполнения которой необходим станок, имеющий меньшее время обработки всех уже назначенных транспортных партий. Этот параметр станка вычисляется автоматически при моделировании.

Когда некоторый станок закончил операцию обработки, необходимо решить, какую следующую транспортную партию из числа назначенных он будет обрабатывать. В этом случае для каждой транспортной партии, назначенной на данный станок, но еще не обработанной, вычисляется значение приоритетной функции и для обработки выбирается транспортная партия с минимальным значением.

Эти точки принятия решения и знания экспертной системы также описываются в РДО-методе продукционными правилами. Различие между правилами, описывающими

процесс, и правилами, описывающими точки принятия решений и знания в экспертной системе (решающими правилами), невелико. Правило, описывающее процесс, содержит выражение для вычисления длительности операций и два конвертора – для начала и конца. Решающие же правила не содержат времени и имеют только один конвертор, они являются обычными продукционными правилами. Формат решающего правила приведен ниже.

```
$Pattern <имя_правила> : rule
$Relevant_resources
  <описание_релевантных_ресурсов>
$Body
  <имя_релевантного_ресурса>
  Choice from <предусловие>
  Convert_rule <описание_изменения_состояния_ресурса>
  ...
$End.
```

Рассмотрим решающее правило *Выбор_ТП*, описывающее вторую точку принятия решения.

```
$Pattern Выбор_ТП : rule
$Parameters
  Номер_станка : such_as Станки.номер
$Relevant_resources
  Станок : Станки Keep
  p_Участок : Участок NoChange
  ТрПартия : Транспортные_партии NoChange
$Body
  Станок
  Choice from Станок.номер =
    Номер_станка and
    Станок.номер_транспортной_партии = 0
  first
  Convert_rule
    номер_транспортной_партии set
    ТрПартия.номер
    требуемая_наладка set
    ТрПартия.номер_наладки
  p_Участок
  Choice NoCheck first
  ТрПартия
  Choice from ТрПартия.
    назначенный_станок = Номер_станка
    and ТрПартия.состояние =
      ожидает_обработки
    with_min
    CR_coef(Min(Станок.CR_func_number,
      p_Участок.total_CR_func_number),
```


($Tr_{Партия.max\_fin\_time} - Системное\_время$) /
 $(Tr_{партия.DD\_advancing} + Order\_priority(Tr_{Партия.номер\_заказа} * 4.0)) +$
 $SettingTime(Станок.текущая\_наладка + 1, Tr_{Партия.номер\_наладки} + 1)$

\$End.

Это правило выполняет выбор транспортной партии из числа назначенных на данный станок ($Tr_{Партия.назначенный\_станок} = Номер\_станка$) и еще не обработанных ($Tr_{Партия.состояние} = ожидает\_обработки$) с минимальным значением арифметического выражения (приоритетной функции), записанного в разделе правила Choice from. Приоритетная функция основана на следующем подходе. Все транспортные партии, назначенные на данный станок, разбиваются на несколько групп в зависимости от значения критического отношения. В каждую группу попадают транспортные партии, для которых значение критического отношения попадает в определенный интервал. Большой приоритет (меньшее значение приоритетной функции) дается группе с меньшим значением критического отношения. Внутри группы большой приоритет имеет транспортная партия, требующая меньшего времени переналадки станка. Изменяя количество групп, можно давать больший приоритет удовлетворению плановых сроков (больше групп) или минимизации времени переналадок (меньше групп). Приоритетная функция вычисляется как сумма коэффициента, соответствующего группе (CR_coef), и времени переналадки для данной транспортной партии ($SettingTime$). Критическое отношение вычисляется по следующей логической формуле:

$(Tr_{Партия.плановый\_срок} - Системное\_время) /$
 $(Tr_{партия.опережение} + Order\_priority$
 $(Tr_{Партия.номер\_заказа} * 4.0),$

где $Tr_{Партия.плановый\_срок}$ – плановый срок изготовления соответствующего заказа; $Системное\_время$ – текущее время в моделируемой системе; $Tr_{партия.опережение}$ – заданное время опережения выполнения данной операции по отношению к плановому сроку изготовления заказа (эта величина вычисляется для каждой операции в системе долгосрочного планирования MRP-II); $Order\_priority(Tr_{Партия.номер\_заказа})$ – приоритет соответствующего заказа.

Как видно из приведенной формулы, увеличение приоритета заказа на 1 означает

смещение времени опережения выполнения данной операции на 4 часа раньше.

В данном исследовании для оценки качества полученного расписания использованы следующие показатели:

- количество опоздавших заказов;
- общее время выполнения расписания;
- общее время выполнения операций обработки для всего расписания (оно может быть разным из-за наличия альтернатив в маршрутах деталей);
- общее время переналадок для всего расписания;
- общее время транспортировок для всего расписания;
- отклонение от планового срока, время изготовления и опоздание для каждого заказа и их суммарное значение для всего расписания;
- значение функции качества расписания.

Значения этих показателей вычисляются в процессе составления версии плана на ИМ. Например, ниже приведено правило, вычисляющее отклонение от планового срока, время изготовления и опоздание для заказа.

\$Pattern Завершение_заказа : rule

\$Relevant_resources

Заказ : Заказы Keep

p_Участок : Участок Keep

\$Body

Заказ

Choice from Заказ.состояние =

начата_обработка and

Заказ.обработано_деталей =

Заказ.количество_деталей

first

Convert_rule

состояние set завершена_обработка

отклонение set Системное_время –

(p_Участок.время_начала_прогона +

Заказ.плановый_срок)

время_изготовления set

Системное_время –

(p_Участок.время_начала_прогона +

Заказ.время_начала_изготовления)

опоздание set

ChsRLE(Заказ.отклонение, 0.0,

Заказ.отклонение)

p_Участок

Choice NoCheck first

```

Convert_rule
завершено_заказов set
p_Участок.завершено_заказов + 1
сумма_отклонений set
p_Участок.сумма_отклонений +
Заказ.отклонение
сумма_времен_изготовлений set p_
Участок.сумма_времен_изготовлений +
Заказ.время_изготовления
сумма_опозданий set
p_Участок.сумма_опозданий +
Заказ.опоздание
опоздало_заказов set
p_Участок.опоздало_заказов +
ChsILE(Заказ.отклонение, 0, 1)
функция_качества set
p_Участок.функция_качества +
EF_value_func(Заказ.отклонение)

```

\$End.

Это правило выполняется в момент, когда завершается последняя операция для последней транспортной партии заказа (*Заказ.обработано_деталей* = *Заказ.количество_деталей*). Оно изменяет состояние заказа с *начала_обработка* на *завершена_обработка* и вычисляет показатели качества для завершённого заказа и суммарные для всего расписания. Функции *ChsRLE* и *ChsILE* возвращают значение второго параметра, если первый параметр меньше нуля, и значение третьего параметра в противном случае.

Функция качества расписания вычисляется как сумма штрафов для каждого заказа. Штраф заказа равен нулю, если заказ не опоздал и не был изготовлен более чем на 4 часа раньше планового срока. Штраф равен опережению минус 4 часа, если заказ изготовлен более чем на 4 часа раньше планового срока. Наконец, штраф равен квадрату опоздания, если заказ опоздал.

Переменные для оптимизации – это то, что ЭС может изменять, пытаясь улучшить план. В данной работе использованы следующие переменные:

- приоритет заказа; каждый заказ имеет свой приоритет, значение которого используется при выборе транспортных партий для обработки из очереди станка; увеличение приоритета ускоряет изготовление заказа при прочих равных условиях; диапазон значений приоритета – от 0 до 10;

- номер размера транспортной партии; этот номер определяет размер транспортной партии для данного заказа, т.е. каждый заказ

может быть разбит на транспортные партии разного размера; номер размера есть целое число от 1 до 5, что соответствует размерам 50, 35, 25, 15 и 10;

- количество групп значений критического отношения для каждого станка, целое число от 1 до 4; используется при выборе транспортных партий для обработки из очереди станка.

Правила ЭС описываются в РДО-методе аналогично правилам, описывающим точки принятия решений. Разработанная ЭС содержит следующие части: блок анализа последнего варианта плана, блок создания и выбора гипотез и блок возвращения. ЭС работает следующим образом. Она запускает ИМ для построения плана и вычисления показателей качества при заданных значениях переменных оптимизации. Затем она сравнивает результаты последней пробы с результатами лучшей пробы. Если результаты последней пробы лучше, то она запоминается как лучшая. В противном случае проверяется, не превышена ли глубина поиска. Если не превышена, ЭС создаст множество гипотез как улучшить план, выбирает наиболее перспективную, изменяет значения переменных оптимизации соответствующим образом и запускает ИМ для построения очередного варианта плана. Если же глубина поиска превышена, происходит возврат к лучшему расписанию и выбирается другая гипотеза. Итак, если происходит улучшение плана, ЭС создаст гипотезы о дальнейшем улучшении и испытывает их в некотором порядке. Проверая каждую гипотезу, ЭС движется в глубь дерева поиска до тех пор, пока либо не произойдет улучшение плана, либо не произойдет возврат. Таким образом, ЭС реализует вариант поиска с возвращением. При этом создается дерево поиска, вершинами которого являются результаты построения плана при некоторых значениях переменных.

При сравнении качества двух планов используется следующая схема. Прежде всего сравниваются количества опоздавших заказов. Если они различны, то расписание с меньшим количеством опоздавших заказов лучше. Если же они одинаковы, но не равны нулю, то лучшим считается расписание с меньшим значением функции качества. Наконец, если в обоих расписаниях нет опоздавших заказов, то лучше то расписание, для которого меньше сумма времен обработки, переналадки и транспортировки. Как видно, критерий качества плана отражает современные требования рынка. Заказ клиента должен быть изготовлен к сроку.

При выполнении этого условия можно минимизировать затраты на производство.

Поиск начинается при следующих значениях переменных оптимизации: приоритеты всех заказов равны нулю, номера размеров транспортных партий для всех заказов равны 5 (самые мелкие транспортные партии), количество групп значений критического отношения для каждого станка равно 4. Считается, что указанные значения номера размера транспортной партии и количества групп значений критического отношения создают более благоприятные условия для выполнения плановых сроков за счет увеличения времен переналадки и транспортировки. Пытаясь найти лучшее расписание, ЭС прежде всего пытается снизить количество опоздавших заказов до нуля, увеличивая приоритет опаздывающих заказов. Когда это сделано, она пытается снизить время транспортировки и переналадки, уменьшая номер размера партии запуска и количество групп значений критического отношения, т.е. увеличивая размер партии запуска и давая больший вес минимизации времени переналадки при упорядочивании очередей на станках.

В процессе поиска использованы три типа гипотез и соответствующих им правил:

- увеличить на 1 приоритет опоздавшего заказа, если приоритет меньше 10;
- уменьшить на 1 номер размера транспортной партии для некоторого заказа, если этот номер больше 1;
- уменьшить на 1 номер функции критического отношения для некоторого станка, если этот номер больше 1.

Для каждой гипотезы вычисляется значение приоритета, которое используется при выборе гипотезы для тестирования из числа еще не проверенных. Гипотезы первого типа используются в том случае, если число опоздавших заказов в версии плана больше нуля. Для каждого опоздавшего заказа, приоритет которого меньше 10, создается одна гипотеза первого типа, значение приоритета гипотезы равно опозданию заказа. Остальные два типа гипотез используются для улучшения плана, в котором нет опоздавших заказов. Для каждого заказа, номер размера транспортной партии которого больше 1, создается одна гипотеза второго типа. Приоритет гипотезы равен количеству транспортных партий для данного заказа. Для каждого станка, номер функции критического отношения которого больше 1, создается одна гипотеза третьего типа (приоритет гипотезы равен суммарному времени перена-

ладки данного станка). Таким образом, всего может быть создано до 17 гипотез второго и третьего типа для улучшения расписания, в котором нет опоздавших заказов.

Пример правила создания гипотез первого типа приведен ниже.

```
$Pattern Увеличение_приоритета_заказа : rule
$Relevant_resources
    p_Участок : Участок Keep
    Заказ : Заказы NoChange
    Проба : Пробы Keep
    Новый : Пробы Create
$Body
    p_Участок
        Choice from p_Участок.статус =
        Создание_гипотез and
        p_Участок.количество_опоздавших_
        заказов > 0 and
        p_Участок.счетчик_проб
        < Количество_проб
        first
        Convert_rule
        счетчик_заказов set Заказ.номер
Заказ
    Choice from Заказ.отклонение > 0.0 and
    Заказ.приоритет < 10 and
    Заказ.номер > p_Участок.счетчик_заказов
    first
Проба
    Choice from Проба.номер =
    p_Участок.счетчик_проб
    first
    Convert_rule
    количество_гипотез set
    Проба.количество_гипотез + 1
Новый
    Convert_rule
    номер set 0
    номер_родителя set Проба.номер
    вид_гипотезы set
    Увеличить_приоритет_заказа
    номер_объекта set Заказ.номер
    старое_значение set Заказ.приоритет
    новое_значение set Заказ.приоритет + 1
    приоритетная_функция set
    Заказ.отклонение
    количество_опоздавших_заказов set 0
    функция_качества set 0.0
    общее_время_обработки set 0.0
    общее_время_наладки set 0.0
    общее_время_транспортировки set 0.0
    количество_гипотез set 0
$End.
```

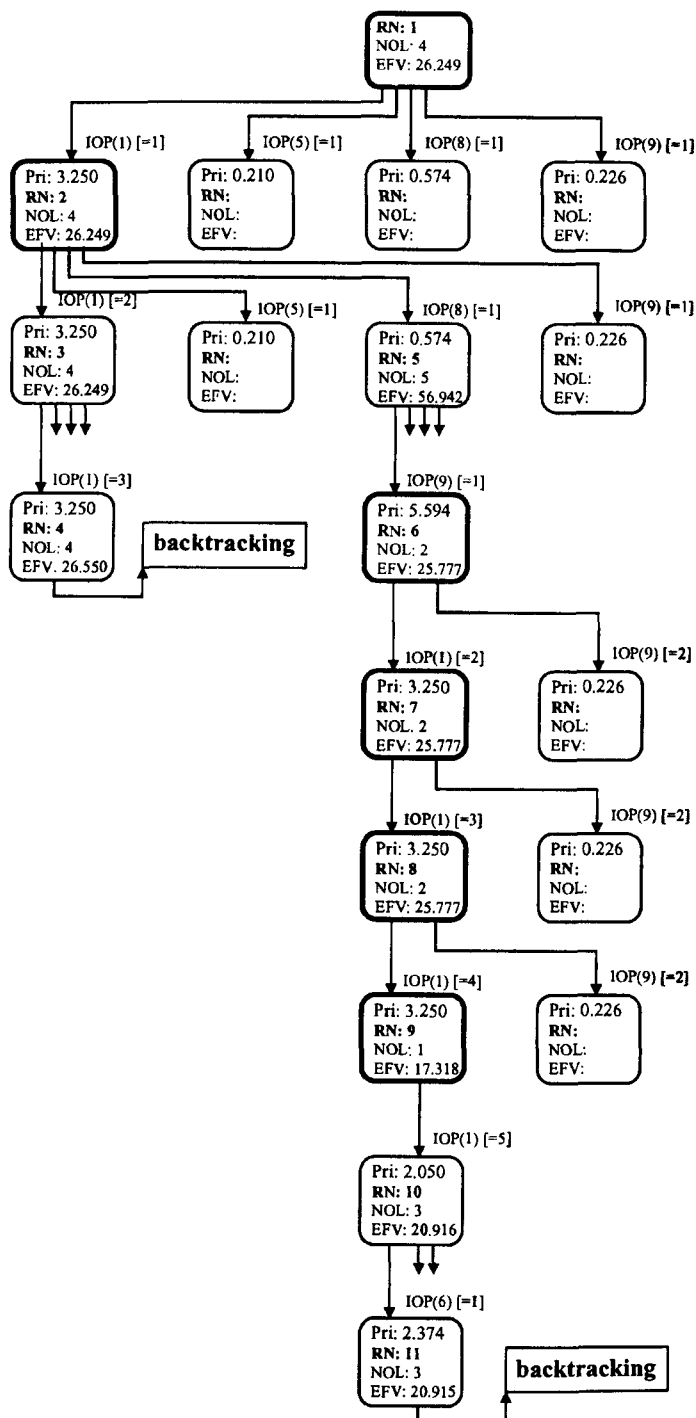


Рис. 4.14.12. Пример дерева поиска

Это правило создает гипотезу первого типа для опоздавшего заказа (*Заказ.отклонение* > 0.0), анализируя результаты последней пробы. В реализации ГС гипотезы являются ресурсами типа *Пробы*. Для созданной гипотезы параметр *номер* равен нулю, что обозначает, что данная гипотеза еще не тестируется.

При выборе гипотез используется следующая схема. Выбирается еще не оттестированная гипотеза первого типа с наибольшим значением приоритета (т.е. прежде всего ЭС пытается ускорить изготовление заказа с наибольшим опозданием, увеличивая его приоритет). Если таких гипотез нет, выбирается гипотеза второго типа, т.е. ЭС пытается увеличить размер транспортной партии (уменьшить количество транспортных партий) для заказа, имеющего максимальное количество транспортных партий. Наконец, если другие возможности исчерпаны, выбираются гипотезы третьего типа для уменьшения времени переналадок.

При испытании гипотез сохраняются значения переменных оптимизации, которые были изменены. Поскольку каждую гипотезу можно тестировать идя в глубину дерева поиска до некоторой predetermined глубины, механизм возврата способен восстанавливать исходные значения при любой глубине возврата. Для реализации возврата строится дерево поиска, в котором каждая вершина (гипотеза) содержит указатель на родителя и старое значение переменной, которое было изменено при применении гипотезы. Для реализации возвращения в ЭС имеется три правила, по одному для каждой гипотезы.

На рис. 4.14.12 представлен пример построенного ГС дерева поиска для прогона ро2. Условные обозначения на этом рисунке следующие: *Pri* – значение приоритетной функции для данной гипотезы, *RN* – номер пробы, *NOL* – количество опоздавших заказов, *EFV* – значение оценочной функции для варианта расписания и *IOP(i) [=j]* описывает гипотезу (*IOP* – увеличить приоритет заказа, *i* – номер заказа, *j* – новое значение приоритета).

В первом варианте плана, построенном с начальными значениями переменных оптимизации, опоздало 4 заказа и для каждого из них была создана гипотеза первого типа – увеличить приоритет на 1. Первой для тестирования выбрана гипотеза об увеличении приоритета для заказа 1, так как он опоздал больше других. В результате произошло незначительное уменьшение значения оценочной функции и вновь для этого улучшенного варианта плана были созда-

ны 4 гипотезы об увеличении приоритета заказов 1, 5, 8 и 9. Однако тестирование гипотезы об увеличении приоритета для заказа 1 на максимальную глубину 2 не привело к улучшению плана, поэтому произошел возврат к пробе 2 и тестирование гипотезы для заказа 8. Полученный таким образом план имел всего два опоздавших заказа. Произведя еще три улучшения, ЭС на пробе 9 построила план с одним опоздавшим заказом. Тестирование единственной гипотезы об увеличении приоритета заказа 1 на максимальную глубину 2 не привело к улучшению, поэтому поиск на этом завершился. Окончательные значения приоритетов равны 4 для заказа 1, 1 для заказа 9 и 0 для всех остальных заказов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вендеров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1998.
2. Емельянов В.В., Яснновский С.И. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование. Язык РДО. М.: АНВИК, 1998.
3. Калянов Г.Н. CASE. Структурный анализ (автоматизация и применение). М.: Лори, 1996.
4. Маклаков С.В. Bpwin и Erwin. CASE-средства разработки информационных систем. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2000.
5. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта. М.: Радио и связь, 1985.
6. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии. М.: Финансы и статистика, 1997.
7. Планирование эксперимента в исследовании технологических проектов / К. Хартман, Э. Лецкин, В. Шеффер и др. М.: Мир, 1977.
8. Приккер А. Введение в имитационное моделирование и язык СИАМ II. М.: Мир, 1987.
9. Системное проектирование интегрированных АСУ ГПС машиностроения / Ю.М. Соломенцев, В.А. Исаченко, В.Я. Польскалин и др.; Под общ. ред Ю.М. Соломенцева и др. М.: Машиностроение, 1988.
10. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Пер. с англ. М.: Мир, 1978.
11. Элти Дж., Кумбе М. Экспертные системы: концепции и примеры. М.: Финансы и статистика, 1987.

Раздел 5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Глава 5.1

ПРЕДПРИЯТИЕ КАК ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА

Предприятие представляет собой производственную систему, которая осуществляет "преобразование" сырьевых и иных материальных ресурсов, поступающих на вход этой системы, в конечный продукт путем производства и вовлечения в этот процесс капитальных вложений и иных финансовых средств.

Понятие "предприятие" – это понятие двузначное (в одних случаях – ст. 113 – 115 ГК РФ – предприятие выступает как хозяйствующий субъект – субъект права, в других – ст. 132 ГК РФ – как имущественный комплекс – объект права) [2].

Такое понимание предприятия значительно расширяет и само понятие управления, которое должно включать в себя не только управление производством как хозяйствующим субъектом, но и что особенно важно, как управление капиталом (управление собственностью). Последнее входит в понятие стратегического управления.

Основными недостатками современных систем управления на предприятиях могут быть:

- ориентация их на краткосрочные результаты деятельности в ущерб среднесрочным и долгосрочным целям, отсутствие стратегического подхода к деятельности предприятия. Отсутствие на предприятиях бизнес-планов средне- и долгосрочного характера и соответствующих рабочих планов, вследствие чего невозможно осуществить подготовку производства и персонала к обновлению продукции, а также обеспечить координацию работы отдельных подразделений предприятия;

- недостаточное знание предприятием текущего и будущего состояния рынка, необходимости высоких затрат и ресурсов для ориентации на рынке;

- снижение квалификации персонала, старение основных фондов и технологий, падение технологической дисциплины;

- неэффективность использования имеющихся в распоряжении предприятий ресурсов;

- неэффективность финансового менеджмента, отсутствие систем управления издержками производства не позволяют использовать реальные резервы повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции;

- крайне низкая развитость системы корпоративного управления, отсутствие эффективного механизма корпоративного контроля за действиями руководителей приватизированных предприятий.

Таким образом, складывающаяся рыночная среда существенно меняет условия хозяйствования российских предприятий, а недостатки, выявленные в управлении, требуют определенной смены приоритетов и новых подходов к формированию систем управления.

Стратегический менеджмент – это метод разработки конкретных стратегий развития предприятий на ряд лет вперед на основе обновления производственных фондов, освоения новых изделий, привлечения инвестиций.

В условиях обостряющейся конкуренции особая забота акционерных обществ – добиться высокой рыночной капитализации, то есть добиться высокой стоимости предприятия, чему большинство отечественных предприятий пока не уделяет должного внимания.

По многим предприятиям и организациям надо внести ясность в отношении собственности и наладить правильные отношения между собственниками и менеджментом.

На первый план выдвигается задача эффективного ведения бизнеса – использования современных систем управления на основе новых информационных технологий, в том числе с использованием Интернета и перехода на мировые стандарты качества.

Новые задачи стоят перед финансовым менеджментом, который должен опираться на международные стандарты бухучета. Большое значение имеет внешнеэкономическая деятельность. И одна из важных задач – управление

человеческими ресурсами, подбор профессиональной команды единомышленников, формирование коллектива, который способен решать новые задачи.

К основным задачам производства относятся: приобретение (иногда рассматривается как самостоятельная функция); складирование; транспортировка; изготовление изделий и предоставление услуг; планирование и контроль.

Выполнение работы на производстве и реализация ее результатов может осуществляться в том случае, если предприятие в состоянии выделить необходимые для этого финансовые средства (финансирование) и использовать их, в соответствии с направленностью предприятия, для приобретения необходимых машин, инструментов, материалов (инвестирование). Производственному процессу создания товаров и их сбыту должен предшествовать, таким образом, процесс финансирования. Оба эти процесса зависят друг от друга и должны быть хорошо согласованными, чтобы достичь цели производства – высокой прибыльности.

Как всякий процесс в предприятии, процесс производства является результатом комбинации производственных факторов, т.е. наличием материалов, необходимых для изготовления изделий и предоставления услуг. Согласно классической классификации выделяются группы производственных факторов – основные, первоначальные и дополнительные.

Первоначальные факторы делятся на:

а) факторы потребления: они используются в производственном процессе как самостоятельные продукты (например, смазочные материалы, энергия для привода, быстроизнашивающиеся инструменты) или превращаются, т.е. входят в новые продукты (сырье, материалы, узлы);

б) потенциальные факторы: они характеризуются тем, что участвуют в производстве новых товаров, но не входят в них. К ним относится труд человека, а также средства производства (например, машины, строения).

Возможно более подробное деление потенциальных факторов по активному (работающие люди, машины, инструменты) и пассивному (строения, земельные участки, предметы обстановки) участию в производственном процессе.

Основным фактором является управленческая деятельность на предприятии. Задачей этого фактора является координирование в ис-

пользовании элементарных факторов. К этому фактору относится управление, планирование, организация и контроль за производственными процессами.

Дополнительные факторы характеризуют преимущественно связи предприятия с внешней инфраструктурой (с государством, с корпорациями, деятельность которых ограничена строго определенной территорией, с банками, страховыми компаниями, консультационными бюро), которые вызывают определенные расходы (налоги, членские взносы, сборы, проценты, гонорары), а также, кроме этого, природные и социальные условия производства. На рис. 5.1.1 показана схема производственных факторов и их взаимосвязи.

Экономика производства охватывает два круга задач – во-первых, теорию производства и издержек, а, во-вторых, планирование производства продукции.

Теория производства и издержек исследует связи между количеством полученной продукции и затраченными производственными факторами. Исходя из этих производственных моделей строится модель издержек.

Планирование производства продукции ориентировано на поиск таких способов деятельности предприятия, которые привели бы к получению максимальной прибыли при минимальных издержках.

Смысл теории производства заключается в наличии функциональных связей между количеством использованных производственных факторов и количеством полученной продукции.

Эта взаимосвязь определяется производственной функцией.

Производственная функция – зависимость количества производимого в единицу времени продукта G от вложенного капитала r . Она зависит от числа работающих (производителей) n , вложенных в оборот средств r , длительности производственного цикла и технологического уровня.

Эта функция представлена на рис. 5.1.2 и обладает следующими свойствами.

В первом приближении функция G пропорциональна числу производителей:

$$G(n, r) = n \cdot F(r).$$

При малых вложениях r функция $F(r)$ пропорциональна вкладываемым средствам. Это имеет место, когда имеется резерв производственных мощностей.

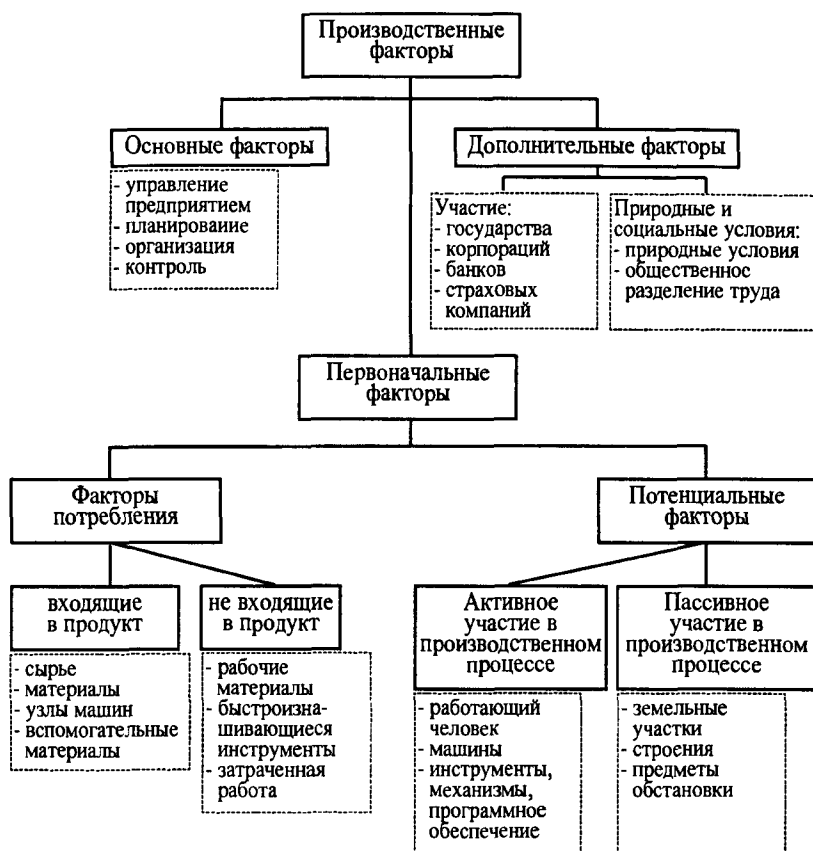


Рис. 5.1.1. Схема производственных факторов и их взаимосвязи

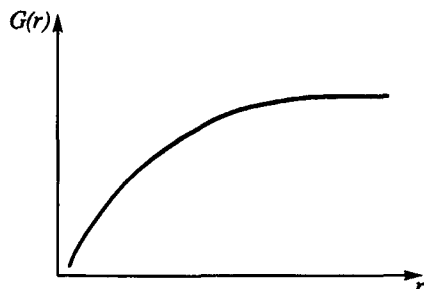


Рис. 5.1.2. Производственная функция

Производственная функция ограничена сверху. При заданном уровне техники один рабочий не может в единицу времени произвести продукта больше $F_{\max}$, даже если производственные мощности задействованы полностью.

Функцию производства в аналитическом виде можно представить как:

$$G(n, r) = \begin{cases} nr/\tau & F < F_{\max}; \\ nF_{\max} & F \geq F_{\max}. \end{cases}$$

Время оборота τ зависит от уровня технологии и уровня организации производства и сбыта.

Величина $F_{\max}$ определяется техническими пределами работоспособности.

Человеческий фактор в нормальных условиях слабо влияет на производственную функцию. В экстремальных условиях (война, кризис и т.п.) можно повысить величину $F_{\max}$ за счет работы "сверх сил".

5.1.1. УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ

Для того чтобы реализовать задачи, стоящие перед предприятием, сделать его финансово-устойчивым в условиях рыночной

конкуренции, необходимо создать систему управления предприятием.

Система управления предприятием — это совокупность лиц, связанных с принятием решений о деятельности предприятия (собственники, управленцы, менеджеры) и комплекса процессов, методов и средств, на основе и с помощью которых путем взаимоотношений управляющих и управляемых лиц осуществляется реализация поставленных задач.

Управление предприятием включает в себя три аспекта:

1. Институциональный аспект ("кто" управляет "кем"?).

Он характеризует исполнителей задач управления, в частности, менеджеров, и органы управления.

2. Функциональный аспект ("как" осуществляется управление и "как" оно влияет на управление?).

Этот аспект рассматривает как возможные функции управления, так и специальные характеристики деятельности менеджеров (стили управления). С другой стороны, он характеризует отношения воздействия менеджера на управляемых (эффективность управления).

3. Инструментальный аспект или механизм управления ("чем" осуществляется управление?).

Этот аспект раскрывает инструменты, которыми пользуются менеджеры для осуществления своих задач (инструменты управления). Инструменты представляют собой, в частности, методы и способы стимулирования,

поощрения и мотивации. Важным инструментом управления являются системы автоматизации, основанные на применении экономико-математических методов и моделей.

Схематично система управления представлена на рис. 5.1.3.

Предприятие, адаптируясь к условиям внешней среды, должно так изменить сущность и содержание системы управления (или построить ее заново), чтобы в полной мере соответствовать внешнему окружению и внутренним потребностям.

В основе тенденций в формировании организационных структур лежит мысль о том, что внутреннее функционирование предприятия должно быть согласовано с требованиями стоящих перед ним задач, его техническим оснащением, внешним окружением, а также потребностями его персонала. Только в этом случае предприятие будет работать эффективно.

Перед руководством предприятия стоит задача не просто найти лучший способ организации производства, абстрагируясь от любых условий. Необходимо найти решение, основанное на изучении функционирования предприятия, на анализе его деятельности в связи с потребностями его отдельных членов и сложностями внешнего порядка, с которыми сталкивается предприятие. Такой подход основан на разработке *"ситуационной" теории управления* (управления по обстоятельствам) с учетом соответствующих внутренних состояний и процессов, вызванных внешними требованиями.

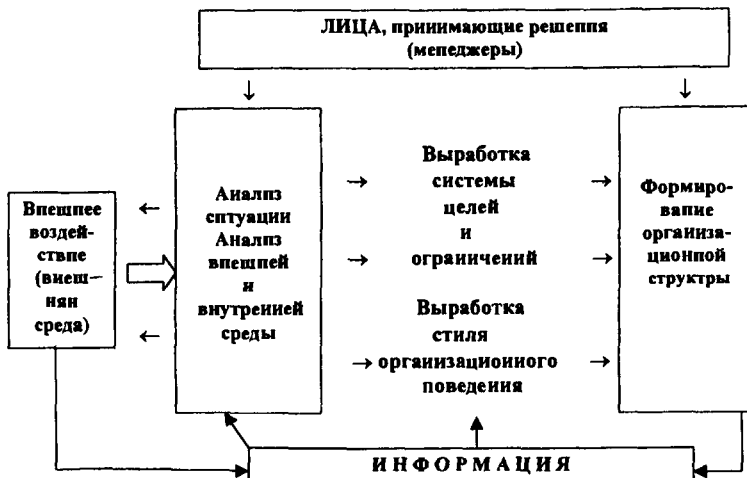


Рис. 5.1.3. Система управления предприятием (схематичный подход). Ситуационное управление

При таком подходе к управлению предприятие рассматривается как "открытая" система: главные предпосылки успеха предприятия отыскиваются не внутри, а вне его, т.е. успех во многом связывается с тем, насколько удачно предприятие приспосабливается к своему внешнему окружению.

Предприятие должно вовремя распознать угрозы для своего существования, обеспечить устойчивость к всевозможным возмущающим воздействиям, не упустить возможности, возникающие во внешней среде и извлечь максимум выгоды из этих возможностей – это главные критерии эффективности такой системы управления.

Ситуационный подход к управлению (рис. 5.1.4) – это ответ на различные по своей природе воздействия со стороны внешней среды предприятия и некоторых других характеристик его организации и управления (например, человеческий фактор, технология производства).

Ситуационный подход предусматривает анализ как внутренней, так и внешней среды предприятия, оценку поведения конкурентов,

исследование тактики их поведения на рынке, изучение опыта организационного построения и характеристики системы управления.

Результатом ситуационного анализа является выработка стратегических альтернатив и системы целей, ориентированных на их реализацию.

В качестве инструмента ситуационного анализа может использоваться SWOT-анализ – анализ сильных и слабых сторон предприятия, возможностей и угроз.

Данный анализ оперирует с общими, отраслевыми и внутренними факторами среды и показывает, какие из них могут использоваться предприятием, а какие представляют угрозу.

Методика анализа предполагает разработку трех типов матриц: матрицы возможностей; матрицы угроз; SWOT-матрицы.

Матрица возможностей. Служит для определения степени предпочтительности использования возможности для предприятия с соответствующей оценкой вероятности этого. Простейшая матрица возможностей представлена на рис. 5.1.5.

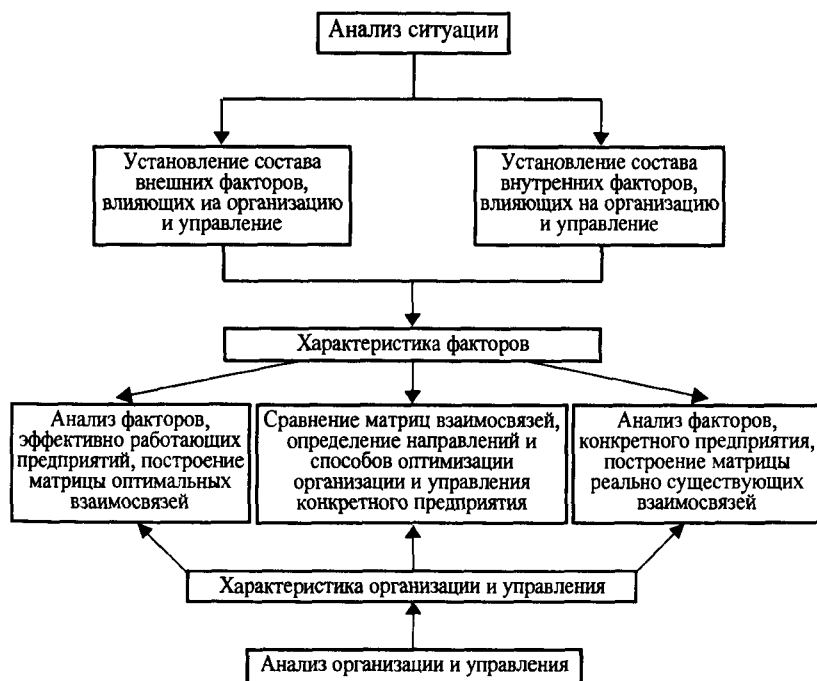


Рис. 5.1.4. Ситуационный подход к управлению



Рис. 5.1.5. Матрица возможностей:

- – высокий приоритет;
- – средний приоритет;
- ▨ – низкий приоритет;
- B – высокая вероятность;
- C – средняя вероятность;
- H – низкая вероятность

Предприятия обычно могут реализовать возможности, расположенные в трех левых верхних квадрантах матрицы. Средние и низкоприоритетные возможности реализуются только при достаточных ресурсах.

Матрица угроз. Имеет много сходства с матрицей возможностей. Дополнительный столбец отводится для угроз, способных полностью разрушить организацию. Потенциальное действие смертельных для организации угроз даже с небольшой вероятностью реализации должно быть минимизировано. Внешний вид простейшей матрицы угроз представлен на рис. 5.1.6.

Угрозами с чрезвычайным приоритетом обязаны заниматься непосредственно высшие менеджеры. Предприятия редко имеют достаточно времени для того, чтобы собрать дополнительную информацию о подобных угрозах – необходимо действовать немедленно после ее выявления. Угрозы с высоким уровнем при-

оритета выявляются сравнительно проще. Низкоприоритетные угрозы обычно рассматриваются на более низком уровне.

SWOT-матрица. Заключается в определении различных сочетаний сил и слабостей организации с оценкой угроз и возможностей.

Построение SWOT-матрицы начинается с выявления сильных и слабых сторон предприятия, а также возможностей и угроз внешней среды (информация берется из матрицы возможностей и матрицы угроз соответственно). Внешний вид матрицы представлен на рис. 5.1.7.

Далее в процессе анализа рассматривается каждая пара логических комбинаций. В результате генерируются четыре основных комбинации, которым соответствуют стратегические альтернативы. Комбинации образуются путем сочетания:

- основной сильной стороны фирмы с ключевой возможностью;
- сильной стороны с главной угрозой;
- слабой стороны с ключевой возможностью;
- слабости с угрозой.

Анализ четырех элементов SWOT-матрицы позволяет определить и выбрать альтернативные стратегии и сформировать соответствующую им систему целей.

Формирование целей управления. Перед предприятием, освобожденным от централизованной системы хозяйствования и государственной опеки и оказавшимся в условиях конкуренции, возникает новая система целей – цели собственников капитала, и соответственно, происходят изменения в целевой системе предприятия (рис. 5.1.8) и самих принципах управления.

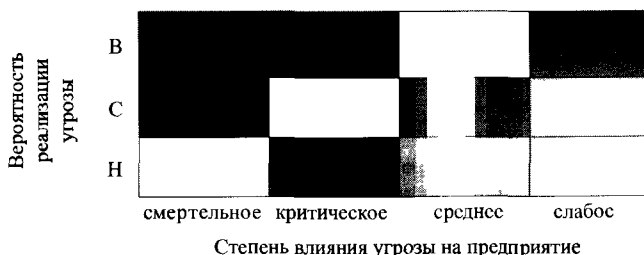


Рис. 5.1.6. Общий вид матрицы угроз:

- – чрезвычайный приоритет; □ – высокий приоритет;
- – средний приоритет; ▨ – низкий приоритет;
- B – высокая вероятность; C – средняя вероятность; H – низкая вероятность

Характеристика	Условия внешней среды	
	(O) Возможности	(T) Угрозы
(S) Сильные стороны	S/O Комбинации	S/T Комбинации
(W) Слабые стороны	W/O Комбинации	W/T Комбинации

Рис. 5.1.7. SWOT-матрица

Цель представляет собой ориентир действий, описывающий будущее состояние или процесс в качестве объектов для достижения.

Цели должны сопровождаться ограничением. Задачей ограничений является предотвращение нежелательных результатов. Они являются фактором, сдерживающим целеустремленность, и предотвращают выполнение цели "любой ценой".

Формирование целей и ограничений является важной задачей управления. Цели можно квалифицировать по нескольким критериям:

- по охватываемой сфере (общая цель, частная цель);
- по значению (главная цель, второстепенная цель);
- по денежному выражению (денежные, безденежные цели);
- по количеству переменных в цели (одно- и многопеременные цели);

– по предмету цели (цель на общий результат и цель на производственный результат);

– по месту в иерархии целей (высшие, промежуточные и низшие цели);

– по взаимному соотношению целей (гармоничные, индифферентные и конкурирующие цели).

По своему содержанию цели могут описывать как общие, так и производственные результаты деятельности. Цели, ориентированные на общие результаты, являются общим предписанием к образу действий. Результат при этом может иметь как денежное, так и морально-этическое измерение. Целями в денежном измерении являются доход, рентабельность, оборот, рыночная доля, а в морально-этическом – например, стремление к независимости, власти, престижу и социальной ответственности. Цели, ориентированные на производственные результаты, описывают результаты производственной деятельности. Они относятся к желаемым видам, количеству и качеству продукции.

Основополагающими целями производственного предприятия являются результативно-хозяйственные цели.

В свободной рыночной системе хозяйствования центральная цель на результат характеризует принцип поведения, который направлен на приобретение материального благосостояния в денежном измерении (доход и имущественное состояние).

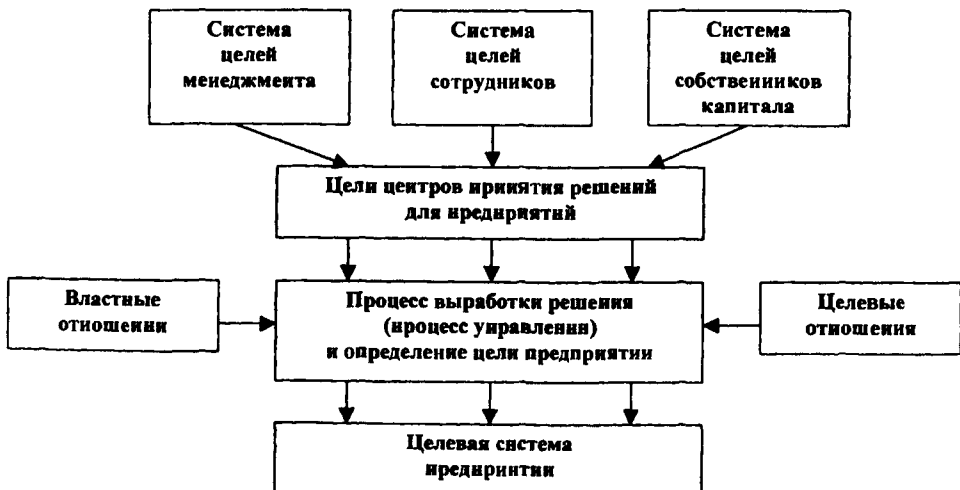


Рис. 5.1.8. Система целей предприятия

Стремление к доходу – это целевая установка, ориентированная на достижение определенного притока наличности в определенные периоды времени.

Стремление к имущественному состоянию является вариантом результативно-хозяйственных целей, связанным сроками. Владелец стремится к тому, чтобы предприятие к определенному сроку представляло определенное имущественное состояние (например, для того, чтобы его продать или передать по наследству). Для акционера имущественная ценность в меньшей мере служит мерилем его долевого участия (курс акций), поскольку на бирже она лишь незначительно связана со стоимостью предприятия.

Стремление к благосостоянию представляет собой целевую установку, ориентированную как на доход, так и на имущественное состояние. Поскольку направления эти конкурируют друг с другом, достичь обеих целей одновременно не представляется возможным: изъятие из капитала предприятия той или иной суммы уменьшает его имущественную стоимость, а отказ от изъятия повышает стоимость предприятия.

Как видно из рис. 5.1.8, в системе целей определенное место занимают цели, не связанные с хозяйствованием.

Товарищеская цель (целевые отношения) представляет собой принцип поведения предприятия (товарищества), согласно которому предпринимательским целям сотрудника должна способствовать коллективная сфера предприятия (например, товарищество по сбыту, закупкам, продукции и кредитам).

Общественная цель представляет собой принцип поведения, ориентированный на выполнение общественных задач путем использования излишков, либо путем прямой деятельности (например, социальное строительство, здравоохранение, культурные мероприятия).

Ограничения могут задаваться как извне, так и самим предприятием. Внешними ограничениями являются, например, соблюдение законности и ликвидации, а также свобода избыточного долга. Внутренними ограничениями могут являться, например, содержание предприятия, обеспечение его безопасности и сохранение независимости.

Соблюдение законов воспринимается как ограничение, запрещающее использовать для достижения цели незаконные средства и методы, которые приводят к результатам, не допускаемым законом или договором (например, кредитное мошенничество).

Изменение целевых установок предприятия, их расширение и ориентация на потребительский спрос существенно меняет содержание самих принципов управления предприятием (табл. 5.1.1).

Таким образом, в рыночных условиях предприятие формирует цели, в первую очередь направленные на получение прибыли и обеспечение иных социально-экономических задач, и самостоятельно вырабатывает решения, связанные с достижением поставленных целей.

Выбор стиля организационного поведения. Формирование целей управления предприятием тесно связано со стилем, или характером управления, определяющим содержание и стратегическую направленность руководства (менеджмента) предприятия [1].

5.1.1. Изменение принципов управления в различных системах хозяйствования

Централизованная система хозяйствования	Рыночная экономика (конкурентная среда)
Управление предприятием в соответствии с принципом, что предприятие является органом народного хозяйства – посредством руководителя.	Управление предприятием – соответственно автономному принципу – посредством предпринимателей.
Принцип исполнения планового задания или исполнение через указание.	Принцип приобретения, конкретизированный как принцип максимального получения прибыли.
Принцип самостоятельного управления в пределах, ограниченных указанием, при коллективном обсуждении	Принцип самостоятельного управления предпринимателя с ограничением в виде согласия сотрудников

На практике коммерческие предприятия применяют два типично противоречивых стиля организационного поведения на рынке: приростной и предпринимательский.

Приростное (конкурентное или адаптивное) поведение проявляется у большинства предприятий и фактически у всех бесприбыльных целевых организаций.

Приростной образ действий направлен на минимизацию отклонений от традиционного поведения как внутри предприятия, так и в его отношениях с окружением. Изменения не приветствуются, они ограничиваются, ассимилируются или минимизируются.

Ввиду того, что социальные изменения неизбежны, предприятиям не удастся исключить их полностью. При приростном стиле реакция на изменения происходит постфактум: действие предпринимается, когда необходимость изменений стала явной и настоятельной. Решения направлены на минимизацию изменений в сложившемся положении. Поиск ведется последовательно, и принимается первое удовлетворительное решение.

Приростное поведение не следует отождествлять с бездействием, которое в условиях рыночной конкуренции немедленно приведет к банкротству. Большинство фирм, действующих в приростном стиле, в то же время стремится к эффективности своей деятельности. Меньшинство, которое прекращает погоню за эффективностью, в долгосрочном плане не выживает.

Предпринимательское креативное поведение влечет за собой совершенно другое отношение к изменениям: вместо того, чтобы подавлять и минимизировать изменения, предпринимательская организация стремится к ним. Вместо реакции на возникшую проблему предвосхищаются будущие возможности и опасно-

сти; вместо частных решений ведется глобальный поиск альтернативных путей действий; вместо одной генерируются многочисленные альтернативы; вместо удовлетворительной альтернативы процесс принятия решений направлен на выбор лучшей из имеющихся альтернатив. Вместо того, чтобы стремиться к сохранению прошлого, предпринимательская организация выступает за непрерывное изменение достигнутого состояния.

Предпринимательское поведение встречается гораздо реже, чем приростное. Оно обычно имеет место, когда предприятие только создано и ранний период его развития посвящен определению задач и созданию административной структуры. После начального периода предприятие постепенно переходит к приростному образу действий.

Предпринимательского стиля часто придерживаются крупные компании и корпорации, которые постоянно ведут предпринимательский поиск возможностей для роста за счет изменений.

Наиболее четко различия в организационном облике предприятий с приростным и предпринимательским стилем поведения можно видеть из сравнения их характеристик (табл. 5.1.2).

Сопоставление организационных характеристик показывает, что приростная организация будет неэффективной в осуществлении предпринимательского образа действия, и наоборот.

Переход от одного стиля поведения к другому связан с далеко идущими изменениями, требует много времени, дорогостоящ, психологически труден для людей и часто требует перераспределения власти.

5.1.2. Сравнение характеристик организационного поведения

Характеристики	Поведение	
	Приростное	Предпринимательское
Цель	Оптимизация прибыльности	Оптимизация потенциала прибыльности
Задачи	Достижение ранее сформулированных целей	Определяются из взаимодействия возможностей и способностей предприятия
Пути достижения целей	Экстраполяция прошлых подходов	Определяются взаимодействием возможностей получения прибыли и качеств управления

Продолжение табл. 5.1.2

Характеристики	Поведение	
	Природное	Предпринимательское
Ограничения	По окружающей среде организации; По внутренним возможностям	Способность изменить окружающую среду предприятия; Способность создать требуемые возможности; Способность воспринять различные способы поведения
Система ответственности	Поощрение стабильной, эффективной работы; Вознаграждение за прошлую деятельность; Штрафы за отклонения	Поощрения за творческий подход и инициативу; Наказания за отсутствие инициативы
Информация	Внутренняя: показатели деятельности; Внешняя: известные возможности	Внутренняя: способности Внешняя: новые будущие возможности
Стиль управления	Популярность среди сотрудников; Призыв к новым значительным усилиям	Допущение рискованных действий; Положительное отношение к переменам
Организационная структура	Стабильная или расширяющаяся; Производственные направления сгруппированы в соответствии с процессом потребления ресурсов	Гибкая, меняющаяся структура; Виды деятельности сгруппированы по проблемам
Система планирования	Долгосрочное планирование	Стратегическое планирование
Решение управленческих проблем:		
а) признание необходимости действий	Реакция в ответ на возникшую проблему; С запаздыванием по отношению к появлению проблем	Активный поиск возможностей; Предвидение проблем
б) поиск альтернатив	Ориентация на прошлый опыт; Незначительные отклонения от статус-кво; Рассматривается единственная альтернатива	Творческий поиск; Большие отклонения от статус-кво; Рассматриваются многочисленные альтернативы
в) оценка альтернатив	Принимается первая удовлетворяющая потребности	Выбирается лучшая из набора альтернатив
г) отношение к риску	Минимизация риска	Сознательный риск; Балансировка совокупности рискованных вариантов

Попытка соединить оба типа поведения в рамках одного предприятия также приведет к конфликтам и напряжению.

Теория и практика управления показывают, что если методы последовательно заменяют друг друга в зависимости от изменения внешних условий деятельности, то коммерческие предприятия должны научиться применять оба метода одновременно.

5.1.2. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ

Принципы управления – это общие закономерности, в рамках которых реализуются связи (отношения) между различными структурами (элементами) управленческой системы, или важнейшие руководящие правила, которым должны соответствовать организация, функционирование или развитие системы управления. Они определяют требования к системе, структуре, организации и процессу управления, направления и рамки принятия решений; они могут относиться к разным системам управления. Принципы, в соответствии с которыми должна формироваться, функционировать и развиваться система управления предприятием в целом, называются общими или основными принципами управления. Принципы управления отдельными элементами или сферами деятельности управления являются частными или локальными. Частных принципов много, например, принципы хозяйственного расчета, принципы формирования потоков информации, принципы организации заработной платы и т.д.

Основным принципом управления, определяющим всю структуру предприятия, является **принцип оптимального сочетания централизации и децентрализации в управлении**. Проблема сочетания централизации и децентрализации – это проблема распределения полномочий на принятие конкретных решений на каждом уровне управления. Оптимальным считается подход, когда централизованными являются решения, относящиеся к разработке стратегии предприятия в целом, а децентрализованными – решения, относящиеся к оперативному управлению.

Под *децентрализацией* понимается передача права принятия решений низовому оперативно-хозяйственному звену – производственным службам, пользующимся хозяйственной самостоятельностью. Это обеспечивает высокую степень координации деятельности на

всех уровнях управления предприятием, выступающим как единое целое.

Принцип сочетания централизации и децентрализации в управлении предполагает необходимость умелого использования единоначалия и коллегиальности. Под *единоначалием* понимается предоставление высшему руководителю предприятия или подразделения такой полноты власти, которая необходима для принятия решений и персональной ответственности за порученное дело.

Коллегиальность – это выработка коллективного решения на основе мнений руководителей разного уровня и прежде всего исполнителей конкретных решений – руководителей производственных подразделений. Коллегиальность повышает объективность принимаемых решений, их обоснованность и способствует успешной их реализации.

Разновидностью коллегиальности является коллективность принятия решения. Коллективные решения, как правило, принимаются большинством голосов, например, на собраниях акционеров. Роль руководства здесь сводится к подготовке и обоснованию решений, предлагаемых к обсуждению и принятию на коллективной основе.

Другим важным принципом управления является **принцип сочетания прав, обязанностей и ответственности**.

Реализация этого принципа тесно связана с принципом единства команды. Каждый член команды должен выполнять поставленные перед ним задачи и периодически отчетываться за их выполнение. Каждый менеджер в иерархии управления наделяется конкретными правами и несет полную ответственность за возложенные на него задачи и выполняет определенные функции.

Принцип демократизации управления основан на корпоративной организации собственности, когда денежные средства многих людей, вложенные в акции, поставлены под единое административное управление.

Централизованная форма управления предусматривает осуществление руководства хозяйственной деятельностью входящих в фирму предприятий из одного центра, жесткую регламентацию и координацию их деятельности, полное отсутствие у них хозяйственной самостоятельности.

Форма организации управления считается централизованной, когда:

- функциональные подразделения играют более важную роль, чем производственные отделения;

- имеется значительное число функциональных служб (отделов);

- исследовательские подразделения находятся в центральном аппарате материнской компании;

- при мощном производственном и сбытовом аппарате сбытовая сеть производственных отделений находится в подчинении у центрального отдела сбыта;

- функциональные отделы центрального аппарата материнской компании осуществляют функциональный контроль над отделениями по продукту, производственными предприятиями и сбытовыми подразделениями.

Децентрализованная форма управления предполагает создание внутри фирмы производственных отделений, пользующихся полной хозяйственной самостоятельностью, т.е. наделенных широкими полномочиями как в сфере производства, так и в сфере сбыта и несущих ответственность за получение прибылей. За высшей администрацией фирмы сохраняются функции контроля за оперативной деятельностью отделений, координация их работы и определение основных направлений для обеспечения эффективности и прибыльности деятельности компании, а также осуществление перспективного планирования. Обычно на производственные отделения возлагается вся полнота ответственности за организацию производственно-сбытовой деятельности. Каждое производственное отделение самостоятельно финансирует свою деятельность, вступает на коммерческой основе в партнерские отношения с любыми третьими сторонами.

Важнейшую организационную проблему управления составляет определение оптимальных соотношений между централизацией руководства и децентрализацией оперативной деятельности предприятия. Это означает ориентацию одних функций управления в основном на выполнение задач централизованного управления, других – децентрализованного.

К функциям централизованного управления относятся: планирование, контроль, финансовая и техническая политика (включая разработку схем специализации и кооперирования производства), материально-техническое обеспечение и руководство политикой фирмы в целом. К функциям децентрализованного управления относятся функция маркетинга,

включающая выработку политики поступлений на рынке, обслуживание покупателей, разработку и внедрение новой технологии, а также материально-техническое снабжение отдельных предприятий, решение кадровых вопросов, взаимоотношений с партнерами и т.п.

Организационный механизм управления крупных компаний построен на гибком сочетании принципов централизации и децентрализации. Рост масштабов и сложности производства, территориальной рассредоточенности предприятий, диверсификации выпускаемой продукции объективно вызывает необходимость увеличения числа организационных подразделений и предоставления им оперативной самостоятельности, что ведет к децентрализации управления. В то же время непрерывные изменения в условиях производства, связанные с развитием научно-технической революции, ориентация производства на определенный рынок и конкретного потребителя требуют применения во внутрифирменном управлении маркетинга, планирования и прогнозирования, разработки новых форм и методов контактов с банками и промышленными фирмами, осуществления жестких контроля и координации деятельности всех подразделений. В этом проявляется объективная потребность усиления централизации управленческой деятельности.

Выработка управленческих решений.
Методы управления. Важнейшим элементом системы управления является выработка управленческих решений. Реализация поставленных целей и получение прибыли достигается предприятием путем преобразования и использования ресурсов для производства продукции, товаров и оказания услуг с последующей их продажей покупателю. Все основные виды ресурсов: основные производственные фонды, финансовые (собственные и заемные) денежные средства и человеческие ресурсы подвержены изменениям: техника изнашивается, деньги расходуются, люди стареют. Деятельность предприятия зависит от получаемой им прибыли, необходимой для возобновления ресурсов и постоянного развития.

С точки зрения принятия решений задача руководства предприятия состоит именно в формировании и направлении процесса оптимального использования ресурсов по достижению поставленных целей.

В сложных иерархических системах, какими являются современные крупные пред-

приятия (корпорации, компании, концерны), задачи руководства распределяются по трем основным уровням – стратегическому, управленческому (или административному) и оперативному.

Каждый из уровней решает задачи в соответствии с его компетенцией и закрепленными за ним функциями.

Из-за специфичности и сложности указанных задач их принято называть соответственно задачами стратегического и оперативного управления.

В силу их многогранности и различной целевой направленности, а также существенно различной информационной базы, на которой осуществляется их реализация, отмеченные решения по управлению выступают как *методы управления*.

На стратегическом уровне вырабатывается реакция на изменения во внешней среде, корректируются цели деятельности предприятия в соответствии с выполняемой миссией, выбирается корпоративная стратегия, подготавливаются системы, структуры и управленческая культура для реализации стратегии.

Стратегические решения (стратегические методы) главным образом связаны с внешними проблемами предприятия, в особенности с решением о номенклатуре производимой продукции и выбором сегментов рынка, избрания сферы деятельности фирмы и поиска новых направлений ее развития.

Стратегические решения должны дать ответы на три основных вопроса:

- 1) каковы цели и задачи предприятия?
- 2) должно ли предприятие диверсифицировать свою деятельность и если да, то по каким направлениям и в какой степени?
- 3) как оптимизировать производственный процесс и упрочить положение предприятия на рынке?

Рассмотрение стоящих перед предприятием стратегических проблем открывает важнейший аспект всего процесса принятия решений: большинство решений должно быть принято в рамках ограниченности совокупных ресурсов. Независимо от размеров предприятия стратегические решения связаны с выбором альтернативных направлений развития в пределах выбранной стратегии. Если предприятие концентрируется на текущей деятельности, ему придется отказаться от диверсификации, если ставится задача роста, то, наоборот, потребуются расширение сфер деятельности.

Поэтому основная задача менеджера состоит в таком распределении ресурсов, которое создаст наибольший потенциал для достижения целей предприятия.

Выработанные на стратегическом уровне целевые установки являются основой для их реализации на управленческом (административном) уровне. На нем происходит адаптация предприятия к изменениям внешней (окружающей) среды, вырабатываются управляющие решения (методы), конкретизирующие стратегические задачи, определяются средства достижения результатов – направления действий, требуемые ресурсы, стратегические правила поведения, исходя из принятого стиля поведения формируются целевые установки для соответствующих функций.

Управленческие или административные решения связаны со структурированием ресурсов предприятия, направлены на увеличение потенциала их использования. Одна часть задач связана с организационной и производственной реструктуризацией, уточнением полномочий и обязанностей персонала, построением производственных и информационных потоков, каналами распределения и размещением оборудования. Другая часть состоит в получении и использовании ресурсов: поиске источников сырья, обучении персонала, финансировании, приобретении оборудования.

На оперативном уровне в пределах целевых установок по набору сегментов "продукт – рынок" составляется подробный план хозяйственных операций по функциональным подразделениям.

Методы оперативного управления направлены на увеличение эффективности использования ресурсов, т.е. на максимизацию прибыли от текущих операций. Основными методами обеспечения таких решений являются распределение ресурсов (построение бюджетов) по функциональным областям и номенклатуре производимой продукции, составление графиков выполнения операций, наблюдение и контроль за их исполнением. В качестве ключевых решений выступают вопросы ценообразования, маркетинговая стратегия, разработка производственных планов и поддержание необходимых уровней запасов, а также выделение средств на исследования и разработки, маркетинг и различные производственные операции.

Все три типа управленческих решений обеспечивают динамичное развитие предпри-

ятия. Каждый из них связан с постановкой соответствующих целей и задач, отличающихся содержанием и методами их реализации, и в то же время они взаимосвязаны и дополняют друг друга.

Основные характеристики трех методов управления приведены в табл. 5.1.3.

Стратегические решения подтверждают, что продукция и рынки ее сбыта выбраны правильно, что существует достаточный уровень

спроса, который предприятие способно удовлетворить. Стратегия выдвигает определенные оперативные требования: относительно цен и затрат, определение сроков выпуска продукции, готовность реагировать на изменение потребителей различной модификацией продукта. Административные решения в свою очередь призваны обеспечить необходимые для выполнения стратегических и оперативных решений условия. Например, рынок, для

5.1.3. Сопоставление методов управленческих решений

Характеристика	Методы		
	стратегические	административные	оперативные
Целевая направленность	Создание потенциала для достижения целей предприятия в будущем	Создание организационных, структурных и финансовых предпосылок для реализации стратегических целей и задач	Превращение потенциала в реальную прибыль. Обеспечивается такими видами деятельности как закупки, производство, реализация и маркетинг
Суть и содержание проблемы	Выбор товаров и рынков, оптимизирующих инвестиции. Распределение ресурсов по альтернативным товарам и рынкам	Структуризация ресурсов фирмы для наиболее эффективного использования. Организация приобретения и развития ресурсов	Распределение ресурсов по принципиальным функциональным областям. Сопоставление планов потребления ресурсов. Руководство и контроль
Ключевые решения	Формирование целей и задач. Стратегия диверсификации. Стратегия расширения. Финансовая стратегия	Организация: структурирование информации, полномочий и ответственности. Структура потребления ресурсов: рабочие потоки, система распределения помещений и оборудования. Приобретение и развитие ресурсов: финансирование, помещения и оборудование, персонал, сырье	Оперативные цели и задачи. Уровни цен и выпуска продукции. Графики производства, уровни запасов, складирование. Маркетинговые мероприятия и стратегия. Исследования и разработки. Контроль
Принципы принятия решений	Централизованные решения разрабатываются и принимаются верхним уровнем: Советом директоров, правлением	Противоречия между стратегией и текущими операциями. Взаимозависимость экономических и социальных факторов. Решения принимаются по мере возникновения стратегических и/или оперативных проблем	Децентрализованность решений. Риск и неопределенность. Большой объем принимаемых решений

которого характерны частые и непредсказуемые колебания спроса, требует соответствующей реакции маркетинга и производства, которые должны быть организационно тесно связаны между собой. Это предполагает, чтобы все исследования и разработки продукции проводились с учетом мнения отдела сбыта. Здесь должно срабатывать правило, при котором "структура следует за стратегией", то есть внешняя среда определяет стратегическую и оперативную реакцию предприятия, которая в свою очередь определяет структуру полномочий, ответственности, производственных и информационных потоков внутри предприятия.

Следует обратить внимание на показатели, характеризующие каждый уровень управления.

Во-первых, они связаны с целями и задачами, которые ставит перед собой предприятие (они могут быть долгосрочными или краткосрочными). Во-вторых, определяются предметной специализацией предприятий.

Так, специализированные компании при выборе стратегии делают упор на показатели роста и увеличение доли на рынке, а диверсифицированные – на прибыль. Это обусловлено тем, что специализированное предприятие имеет дело с монопродуктом и связывает с ним рост и расширение доли на рынке как источники получения прибыли. Диверсифицированные же компании, являющиеся полипродуктовыми, нуждаются в более общем измерителе, в качестве которого и выступает прибыль.

При оперативном решении одним из наиболее важных оценочных показателей является валовая прибыль. Данный показатель наиболее предпочтителен в тех отраслях и компаниях, где относительно невелика доля постоянных издержек. В краткосрочном плане показатель валовой прибыли во всех отношениях является более предпочтительным, чем оборот предприятия. В то же время показатель валовой прибыли неприменим в качестве оценочного в капиталоемких отраслях промышленности, где размер прибыли определяется прежде всего уровнем использования производственного оборудования и слабо подвержен воздействию конъюнктуры цен на сырье, слабо зависит от экономии материальных затрат. Кроме этого, валовая прибыль не подходит в качестве оценочного показателя для предприятий с динамичной структурой издержек производства.

Наиболее важным в принятии управленческих решений является также то, что каждый из методов требует специальных видов информации.

5.1.3. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Состав и взаимодействие элементов производственной системы. Эффективность деятельности предприятия зависит от многих факторов: от взаимоотношений с поставщиками, правильного использования ресурсов, от достигнутых результатов маркетинговой стратегии. Одним из важнейших внутренних факторов, определяющих эффективность любого предприятия, является его организационная структура управления.

Организационная структура производственной системы – это комплексная взаимосвязанная система элементов, обеспечивающая устойчивое функционирование предприятия по достижению им поставленных целей.

Данное определение позволяет выделить элементы системы управления предприятием, реализующие процесс управления: люди, осуществляющие производство и управление им; информация, циркулирующая в системе управления и информационные технологии; организационная и вычислительная техника, используемая при решении задач управления производством.

Исходной базой для реализации управления предприятием служат функции управления, организационная структура и методы управления.

Функции управления и организационная структура – две неразрывно взаимосвязанные стороны управления выступают как содержание и форма управления.

В своем развитии организационные структуры претерпели ряд коренных изменений, в результате сложилось несколько типов структур: линейные, линейно-штабные, функциональные, программно-целевые, матричные и др. В условиях плановой системы хозяйствования управленческие структуры формировались в виде типовых структур и ориентировались, как правило, на решение задач, исходя из внутренних потребностей предприятий.

Под действием принципов рыночной экономики возникла необходимость понимания организационной структуры как закона взаимосвязи элементов в управляющей системе. Такой подход связан с необходимостью

формирования механизма развития управления производством, его внутреннего содержания, внешней формы и ее особенностей на каждом уровне управления. Современные организационные структуры должны дополняться элементами и связями, производными от элементов научно-технической революции.

Если организационная структура отражает как бы статику управления, то функции – его динамику. Вся сложная совокупность управленческих действий – на любом уровне и в любой системе – может быть сведена к ограниченному перечню. При определении состава и классификации функций управления обычно исходят из особенностей процесса управления, процесса производства, необходимости увязки функций управления во времени и с местом выполнения, с уровнями и звеньями управления.

Общими для любых уровней управления являются функции прогнозирования, планирования, организации, координации, регулирования, контроля, учета, анализа, стимулирования.

Важным элементом системы управления являются методы управления. В зависимости от направления воздействия обычно выделяют: организационные, экономические и социальные методы. Регулирование сочетания методов управления дает возможность добиться определенного активизирующего результата.

Наиболее важный элемент системы управления – это люди, занятые как в производстве, так и в управлении им. От уровня их компетентности и квалификации зависит эффективность управления, а от их заинтересованности будет зависеть и степень активизации развития предприятия.

Необходимым элементом структуры управления является информация. Информация столь же важный элемент производства как люди, машины, сырье, деньги. Информация составляет предмет и содержание управленческой деятельности точно так же, как сырье является объектом деятельности производственных систем. Причем происходит существенное изменение роли информации, она приобретает преобразующий характер. Этот процесс осуществляется на вполне определенной материальной основе – компьютеры, видеоинформационные системы связи и передачи связи, банки данных, базы знаний, математические модели, программные средства, информационные технологии, специалисты и другие составляющие информационного обслуживания.

Таким образом, информация, информационные технологии и компьютерная техника также являются элементами, реализующими процесс управления предприятием и его развитием.

Необходимо выделить еще один элемент организационной структуры, активно влияющий на весь процесс управления и имеющий потенциальные возможности активизации развития управления предприятием – экономическая среда, представляющая собой совокупность показателей оценки эффективности управления: плановые показатели, регламентирующие ход производственного процесса; систему стимулирования, направленную на активизацию мотивации работников производственной и управленческой сфер на достижение целей управления; систему экономической ответственности и заинтересованности в достижении конечных результатов.

Все названные элементы находятся в тесной взаимосвязи и взаимодействии друг с другом (рис. 5.1.9). От того, насколько эффективно обеспечивается эта связь и взаимодействие, зависит и эффективность управления.

Для формирования организационной структуры предприятия принципиальным является не столько простое взаимодействие рассмотренной выше совокупности элементов, сколько их взаимодействие для получения интегрального, общего эффекта, результата и целей, ради которых элементы множества организуются в систему. Только надежная структура может обеспечить жизнеспособность организации.

Эффект организационного совершенствования выражается не только в улучшении показателей эффективности системы, но и в повышении ее потенциальных возможностей для будущего развития.

Организационная структура призвана обеспечить определенный порядок и взаимодействие всех элементов для осуществления их функций. Каждый элемент имеет свою задачу, обладает ресурсом для ее достижения и выполняет свою строго определенную функцию.

В системе управления, таким образом, можно выделить производственную, технологическую, финансовую, социальную и информационную структуры. Но среди этих взаимосвязанных структур организационная структура занимает особое место: она упорядочивает

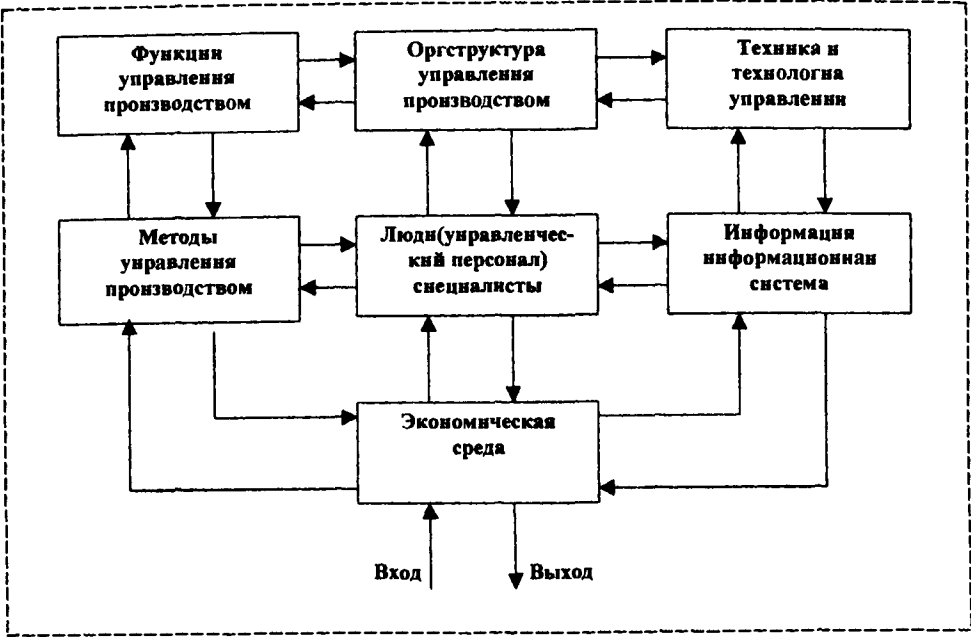


Рис. 5.1.9. Схема взаимосвязи элементов, реализующих процесс управления производственной системой

взаимодействие элементов для получения интегрального эффекта по достижению поставленной цели, который в свою очередь во многом зависит от порядка формирования финансовой структуры, представляющей собой результат реализации концепции центров прибыли, затрат, инвестиций. Место организационной структуры в системе управления предприятием показано на рис. 5.1.10.

Технологическая структура – состав и взаимосвязи подразделений основного производства предприятия. Результатом деятельно-

сти основного производства является выпуск профильной для предприятия, т.е. доминирующей по удельному весу в общем объеме производства, продукции.

Производственная структура – состав и взаимосвязи подразделений основного и вспомогательного производств предприятия. Результатом деятельности вспомогательного производства является выпуск продукции (оказание услуг) для подразделений основного производства, необходимых для полноценного функционирования последнего.

Подразделения основного производства и взаимосвязи между ними Технологическая структура
Подразделения вспомогательного производства и взаимосвязи между ними Производственная структура
Подсобные хозяйства, производства из отходов и объекты социальной сферы Хозяйственные структуры
Состав и взаимосвязи подразделений управления предприятием (структура управления) Организационная структура предприятия

Рис. 5.1.10. Место организационной структуры в системе управления предприятием

Хозяйственная структура – состав и взаимосвязи подразделений основного, вспомогательного, а также непрофильных производств предприятия. Непрофильными производствами считаются подсобные хозяйства и объекты социальной сферы, находящиеся на балансе предприятия, а также подразделения, утилизирующие отходы основного производства.

Организационная структура управления – состав и взаимосвязи управленческих подразделений предприятия.

Организационная структура предприятия выступает как организационное единство организационной структуры производства и организационной структуры управления. Соответственно выделяется процесс производства продукции, который представляет собой комплекс операций по преобразованию материально-вещественных потоков в конечную продукцию с заданными свойствами, и процесс управления как деятельность, направленная на реализацию целей системы. Организационная структура производства как базис определяет структуру управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аисофф И. Новая корпоративная стратегия // СПб.: Питер, 1999.

2. **Предприятие:** проблемы доктрины и законодательства // Хозяйство и право. 2000. № 5. С. 36.

Глава 5.2

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Место и значение информации в управлении предприятием. Информация имеет определяющее значение в управлении предприятием, как во внутренней деятельности (используется при планировании, подготовке указаний, в анализе хозяйственной деятельности и т.п.), так и для внешних контактов (согласование вопросов с поставщиками и клиентами, реклама, информация о рынке). От качественной и своевременной информации существенно зависит уровень принимаемых решений и эффективность ведения всего бизнеса.

Однако информация, как и сырье, имеет-ся лишь в ограниченных количествах, является скудным и дорогостоящим ресурсом и, таким

образом, является стратегически важным объектом производственной активности.

Информация представляет собой целенаправленное знание об объекте и предмете управления и является необходимым ресурсом для принятия решений.

Целенаправленность состоит в улучшении качества принимаемых решений, которое в значительной степени определяется состоянием (качеством) самой информации.

При неполной информации уровень информации недостаточен для принятия решения. В этом случае приходится принимать решение с риском или неопределенностью. В первом случае имеется представление о вероятности события, во втором случае вероятности наступления событий неизвестны.

Случаи решения с определенностью крайне редки в практике, так как точные представления о наступлении событий в общем случае отсутствуют.

При управлении предприятием, как сложным объектом и системой с разделением труда, невозможно обойтись без обмена информацией. Эта задача решается с помощью связи (систем коммуникации). Связь служит для эффективного удовлетворения потребности в информации.

Совокупность самой информации, ее источников и средств сбора, передачи и обработки составляет *информационную систему* (рис. 5.2.1).

Информационная система состоит из информационных процессов сбора, передачи, хранения, обработки, защиты информации, а также технических средств и персонала, обеспечивающих весь информационный процесс.

Важным элементом современных информационных систем является защита информации, обеспечивающая ее полноту, качество и коммерческую ценность (а в необходимых случаях и государственную тайну).

В системе управления особое значение имеет степень информированности лиц, принимающих решения. Речь идет об удовлетворении потребностей в информации, так как в большинстве случаев в распоряжении имеется меньше информации, чем необходимо для принятия решения. В некоторых случаях имеет место избыточная информация; тогда задачей информационного процесса является отбор информации, необходимой для принятия решений.



Рис. 5.2.1. Информационная система

Степень информированности – это отношение фактического уровня информации к требуемому уровню.

Степень информированности тесно связана с понятием полезности информации, как характеристикой ее качества.

Степень информированности

{	>1 – избыточное обеспечение (избыточность)
	$=1$ – полная информированность
	<1 – потребность в информации (пробел)

Информация считается полезной, если она отвечает следующим признакам:

- значительности, когда речь должна идти о необходимой информации, улучшающей уровень информированности;
- полноты и способности к обобщению (учет общего количества информации или ее репрезентативной части);
- надежности, включающей объективность событий, высокую степень достоверности и отсутствие ошибок, действенность (правильность способа измерения);
- актуальности, т.е. связью со временем.

Потребность в информации характеризуется дефицитом между требуемой и имеющейся информацией. При этом речь может идти об объективной потребности в информации (количество информации, которое объективно требуется для решения проблемы) или о субъективной потребности в информации (информация, в которой нуждается носитель решений с субъективной точки зрения). В качестве среднего количества между обоими видами потребностей берется количество информации,

которая необходима, исходя из проблемы и из субъективного убеждения.

Информационные процессы подчиняются также требованию экономической эффективности, т.е. прибыль от информации и затраты на информацию должны находиться в надлежащем соотношении:

- прибыль от информации состоит в конечном счете в улучшении итоговых результатов решения или действия, благодаря дополнительным поступлениям (цены, роста объемов и т.п.) и уменьшенным расходам, благодаря повышенной производительности, качеству, эксплуатационной надежности;
- затраты на информацию охватывают оцениваемые материальные и служебные расходы на улучшение состояния информации (расходы на оборудование и персонал, а также на оплату посторонних услуг за связь, консультацию, информационные системы и т.д.).

Система организации экономической информации. Основой принимаемых управленческих решений является экономический анализ, который, в свою очередь, базируется

на системе экономической информации. При этом потоки плановых, нормативных, статистических, бухгалтерских, оперативных сведений, их хранение, переработку и использование можно рационально организовать только на основе теории информации.

Создание рационального потока информации опирается на определенные принципы. Такими принципами являются:

- выявление информационных потребностей и способов наиболее эффективного их удовлетворения;

- объективность отражения процессов производства, обращения, распределения и потребления, использования природных, трудовых, материальных и финансовых ресурсов;

- единство информации, поступающей из различных источников (бухгалтерского, статистического и оперативного учета), а также плановых данных, устранение дублирования в первичной информации;

- оперативность информации, основанная на применении новейших информационных технологий;

- возможное ограничение объема первичной информации за счет повышения коэффициента ее использования;

- разработка программ использования и анализа первичной информации для целей планирования и управления.

Объективность отражения процессов производства и обращения, распределения трудовых, материальных и финансовых ресурсов является основным требованием, которому должны удовлетворять действующие системы информации, учета и отчетности. Переложение первичной регистрации операций на машины (телефоны, телетайпы, телевидение и другие контрольно-измерительные и передающие устройства) не только существенно сокращает трудоемкость работ, но и повышает объективность данных.

Единство учетной и плановой информации вытекает из требований *единства экономики*. Это основополагающий принцип, в основе которого лежит унификация всей планово-учетной документации предприятий разных отраслей и различных форм собственности. Научная система первичной экономической информации основывается на единых принципах, свободных от ведомственной ограниченности и обособленности различных видов учета – бухгалтерского, статистического и оперативного.

Все предприятия и организации, являющиеся юридическими лицами (кооперативы, арендные, коллективные и частные предприятия, совместные предприятия с участием иностранного капитала, государственные предприятия и организации), составляют бухгалтерский баланс и отчет о финансовых результатах по единым формам.

Оперативность информации – одно из важнейших условий организации правильного учета, анализа и контроля предприятий различных форм собственности. Отчетность, поступающая в сводные звенья, как правило, не имеет значения для оперативного руководства. В лучшем случае она используется как исходный материал для составления бизнес-планов на будущее. Для текущего управления деятельностью предприятий необходим оперативный учет, методология и техника которого постоянно совершенствуются и развиваются вместе с развитием информационных технологий. Лишь правильно организованная система экономической информации и отработка ее на современной информационной базе обеспечит своевременное поступление необходимых сведений. Особое значение получает дистанционная передача первичных данных (с использованием телекоммуникационных каналов связи), обеспечивающая непосредственное ее воспроизведение на устройствах (мониторах) ЭВМ.

Рациональная система информации предполагает сокращение объема передаваемых данных. На основе необходимого (строго ограниченного) числа базисных показателей, которые постоянно накапливаются в информационной системе, можно исчислять все производные показатели, строить динамические ряды, производить аналитические сопоставления.

Единая система экономической информации себя полностью оправдывает, если на ее основе будут своевременно делаться выводы, а сам анализ машинных данных будет оперативным. Взаимосвязь экономического анализа и информации выражается в том, что в процессе анализа осуществляется контроль за самой информацией, которая, в свою очередь, служит исходной базой для принятия решений.

Систему экономической информации современного предприятия можно охарактеризовать следующим образом.

Экономическая информация крайне неоднородна; схема взаимосвязей отдельных ее видов отличается сложностью, к тому же от-

четливо проявляется тенденция к их дальнейшему усложнению. Наряду с систематическим ростом объема информации ощущается нехватка ее для принятия управленческих решений.

Возрастание потока информации приводит к избыточности данных. Потребности научной организации управления вызывают необходимость изучения информационных потоков, способствующих снижению роста объемов информации и ликвидации информационной недостаточности за счет устранения излишних данных.

Система управления предприятием, выступая основным потребителем информационных данных, используемых в процессе ретроспективного, текущего и перспективного анализа, должна систематически выявлять недостатки действующей системы экономической информации и принимать меры к ее совершенствованию и развитию.

Источники информации для управления предприятием. Все источники экономической информации, необходимой для проведения анализа и принятия управленческих решений, подразделяются на учетные и внеучетные.

К *учетным* источникам информации относятся:

- бухгалтерский учет и отчетность;
- статистический учет и отчетность;
- оперативный учет и отчетность;
- выборочные учетные данные.

В бухгалтерском учете и отчетности находят наиболее полное отражение и обобщение хозяйственные средства и хозяйственные операции с целью контроля за выполнением установленных бизнес-планов.

Своевременный и полный анализ бухгалтерской отчетности позволяет принимать необходимые меры по улучшению деятельности предприятия и уточнению его стратегических целевых задач. При оценке выполнения планов используются и данные статистики.

В состав годовой бухгалтерской отчетности включаются:

1. Бухгалтерский баланс;
 2. Отчет о прибылях и убытках;
 3. Пояснения к бухгалтерскому балансу и отчету о финансовых результатах:
- отчет о движении капитала;
 - отчет о движении денежных средств;
 - приложение к бухгалтерскому балансу.

Балансовый отчет (бухгалтерский баланс) дает описание (по состоянию на конкретную дату) активов предприятия и источников финансирования.

Отчет о прибылях и убытках содержит оценку результатов деятельности предприятия за определенный отчетный период с помощью достаточно подробной разбивки данных о доходах и затратах для определения того, приносит предприятие прибыль или убыток.

Отчет о движении денежных средств указывает источники средств предприятия за определенный период и раскрывает, как эти средства используются. Он показывает, достаточны ли средства, получаемые от основной деятельности, для покрытия расходовемых денежных средств предприятия за данный отчетный период.

Статистический учет и отчетность отражает совокупность явлений и процессов, характеризующих их с количественной стороны (в увязке с качественной), позволяет выявлять определенные экономические закономерности, служит важным источником информации для принятия решений как внутри предприятия, так и для органов отраслевого и территориального управления.

Структура форм государственной статистической отчетности охватывает все основные направления деятельности предприятий, независимо от их форм собственности. Для предприятий промышленной сферы перечень основных форм статистической отчетности представлен в табл. 5.2.1

Оперативный учет и отчетность применяются на отдельных участках хозяйственной деятельности предприятий и обеспечивают более быстрое по сравнению со статистикой и бухгалтерией получение соответствующей информации. Для текущего анализа такая информация неоценима. Так, невозможно обойтись, например, при текущем анализе товарооборота без оперативных данных о ежедневной (а в некоторых случаях и ежесменной) выручке за проданные товары. Директора предприятий, руководители внутренних подразделений довольно часто в своих записных книжках ведут оперативную регистрацию важнейших хозяйственных процессов и операций, делают примерные расчеты и прикидки, намечают неотложные мероприятия. Такая "карманная бухгалтерия" также используется, если оперативный анализ производят сами руководящие работники.

5.2.1. Перечень основных форм статистической отчетности промышленного предприятия

Наименование форм отчетности	Периодичность
Макроэкономические показатели и экономические балансы	
Отчет о наличии и движении основных фондов (средств) и других нефинансовых активов	Годовая
Финансы	
Сведения о финансовом состоянии организаций	Месячная
Сведения о затратах на производство и реализацию продукции (работ, услуг)	Квартальная
Промышленность	
Сведения о численности, заработной плате и движении работников	Месячная
Сведения о производстве и отгрузке товаров и услуг	Месячная
Сведения об использовании топлива, теплотехнологии и электроэнергии	Годовая
Сведения об образовании и использовании вторичных энергетических ресурсов	Годовая
Строительство	
Сведения о вводе в эксплуатацию заданий, сооружений и реализации инвестиционных проектов	Месячная
Инвестиции	
Сведения об использовании иностранного кредита, выделяемого на закупку оборудования под гарантии Правительства РФ	Квартальная
Сведения об инвестициях	Квартальная
Наука и инновации	
Сведения о технологических инновациях предприятия (организации)	Годовая
Сведения о выполнении научных исследований и разработок	Годовая
Институциональные преобразования в экономике, малое предпринимательство	
Сведения о деятельности финансово-промышленной группы	Полугодовая
Трудовые ресурсы, заработная плата и занятость населения	
Отчет о коллективных трудовых спорах	Месячная
Сведения о просроченной задолженности по заработной плате	Месячная
Сведения о травматизме на производстве, профессиональных заболеваниях и материальных затратах, связанных с ними	Годовая
Сведения о деятельности промышленных организаций в социально-трудовой сфере	Квартальная
Природные ресурсы и охрана окружающей среды	
Сведения об образовании, поступлении, использовании и размещении токсичных отходов производства и потребления	Годовая

Выборочные учетные данные помогают углубить и детализировать показатели отчетности. В условиях рыночной экономики отчетность значительно сокращена, ее расширение не всегда оправдано. В этих условиях получают распро-

странение эпизодические выборки, наблюдения, углубленные проверки. Выборочные данные следует рассматривать как источник учетного характера, поскольку они черпаются из текущего бухгалтерского учета и первичной документации.

К *внеучетным* источникам относятся:

- материалы внутриведомственной и вневедомственной ревизии внешнего и внутреннего аудита;
- материалы лабораторного и врачебно-санитарного контроля;
- материалы проверок налоговой службой;
- материалы собраний трудовых коллективов;
- материалы средств массовой информации и рекламы;
- переписка с вышестоящей организацией, с финансовыми и кредитными органами;
- материалы, получаемые в результате личных контактов с исполнителями.

В процессе анализа привлекается довольно обширный нормативный материал, содержащийся в производственных паспортах, ценниках, прейскурантах, справочниках.

Система показателей, используемых при управлении предприятием. Для целей управления необходимо иметь многочисленные финансовые и экономические показатели, связанные в определенную систему. В теории и практике финансового и экономического анализа не существует единой строгой классификации показателей и параметров: для различных целей анализа и управления применяются различные подходы [10].

В самом общем виде показатели подразделяются на:

- стоимостные и натуральные – в зависимости от положенных в основу измерителей;
- количественные и качественные – в зависимости от того, какая сторона явлений, операций, процессов измеряется;
- объемные и удельные – в зависимости от применения отдельно взятых показателей или же их соотношений.

Стоимостные показатели относятся в настоящее время к числу наиболее распространенных.

Одним из важнейших стоимостных показателей на промышленных предприятиях является показатель реализованной продукции. Установление заданий в бизнес-планах по объему реализации продукции обусловлено необходимостью более тесной связи производства и потребления, производства и рынка.

Важным стоимостным показателем, используемым при анализе, является показатель товарной продукции. В состав товарной продукции входят готовые изделия, реализуемые

полуфабрикаты, выполненные работы и оказанные услуги промышленного характера. Показатель товарной продукции в большей степени, чем валовой, позволяет сделать в аналитическом исследовании переход к показателю реализованной продукции.

Натуральные показатели используются в плановой и учетно-аналитической практике всех предприятий. В промышленности они применяются для количественной характеристики выпускаемой и реализуемой продукции в ее материально-вещественном содержании. Значение натуральных показателей постоянно возрастает. Использование электронно-вычислительной техники позволяет производить глубокий экономический анализ в натуральных показателях деятельности промышленных, торговых и других предприятий.

Количественные показатели используются для выражения абсолютных и относительных величин, характеризующих объем производства и реализации продукции, его структуру и другие стороны работы предприятий. Количественные показатели могут выражаться как в стоимостном, так и натуральном измерителях, например, стоимость продукции в рублях, выпуск продукции текстильным комбинатом в метрах, процент выполнения производственной программы (в натуральном или денежном выражении).

Качественные показатели используются для оценки выпущенной продукции с точки зрения ее соответствия установленным требованиям (стандартам, техническим условиям, образцам), для оценки экономической эффективности трудовых, материальных и денежных затрат. Показатели, характеризующие качество промышленной продукции, довольно разнообразны; они зависят от технологических особенностей того или иного производства. В текстильной, легкой и пищевой промышленности широко принято деление продукции на сорта; иногда продукция в маслодельной промышленности, например, определяется по балльной системе.

Объемные показатели – это величины оптового и розничного товарооборота, оборотных средств, издержек обращения, прибыли.

Удельные показатели являются вторичными, производными от соответствующих объемных показателей. Выпуск продукции и количество рабочих – объемные показатели, а отношение первого ко второму, т.е. выработка продукции на одного рабочего, – удельный

показатель. Выпуск продукции на один станок, на один агрегат, на один квадратный метр производственной площади – все это удельные (относительные) показатели.

Каждый из рассмотренных выше показателей имеет свой определенный смысл и свое значение и используется в основном для целей контроля и анализа производственной ситуации отдельных производственных единиц. Взятые в отдельности, эти показатели страдают известной ограниченностью. Но экономический анализ предполагает комплексное системное использование показателей и для целей анализа хозяйственной деятельности предприятий используется иная система показателей и иные подходы к их классификации.

Система показателей оценки и анализа хозяйственной деятельности включает три группы показателей:

- оценочные показатели;
- показатели издержек производства;
- показатели стратегического развития.

Группа оценочных показателей разделяется на абсолютные и относительные показатели.

Абсолютные оценочные показатели: оборот (объем продаж), валовая прибыль, добавленная стоимость (или стоимость, добавленная обработкой), прибыль после уплаты процентов по кредитам и займам, прибыль после уплаты налогов, прибыль после уплаты всех дополнительных платежей и реинвестиций, различные варианты показателей ликвидности. Все эти показатели необходимы в управлении прежде всего для эффективного контроля за производством, финансовым состоянием предприятий, а также для принятия управленческих решений, главным образом текущего характера. Показатели хозяйственной деятельности применяются в управлении также и для разработки систем стимулирования труда.

В дивизиональных (в основном продуктовых) структурах управления особое место в оценке результатов хозяйственной деятельности занимают показатели для отделений компании. Среди трудностей в исчислении конкретных показателей хозяйственной деятельности для отделений следует отметить существование вертикальной интеграции между отделениями, когда продукция одного из них выступает полуфабрикатом для другого; различие между отделениями в подходах к внутрифирменному (трансфертному) ценообразованию.

Наиболее общим среди оценочных показателей хозяйственной деятельности является размер оборота предприятия, который определяется общим объемом продаж, т.е. стоимостной оценкой реализованных товаров и услуг. При измерении оборота предприятия важным является период, за который он подсчитывается (неделя, месяц, год), поскольку этот показатель хозяйственной деятельности подвержен сильному влиянию инфляционных процессов. Наиболее предпочтительным является его измерение в неизменных ценах, но для нужд текущего бухгалтерского учета, планирования и управления данный показатель может определяться и в текущих ценах.

Относительные оценочные показатели – это коэффициенты, характеризующие эффективность использования различных производственных ресурсов. Основное их назначение – служить базой для межотраслевого, межфирменного сопоставления, что особенно важно в условиях ужесточения конкуренции, для выработки оптимальной инвестиционной политики. Основным показателем такого рода является показатель, определяющийся отношением прибыли к вложенному капиталу. Он применяется практически во всех отраслях экономики (за исключением мелкого бизнеса). Данный показатель хозяйственной деятельности является наилучшим критерием оценки качества управления не только в масштабе всего предприятия, но и его отделений.

В составе относительных показателей хозяйственной деятельности необходимо выделить показатели эффективности работы. К ним относятся такие показатели, как доля валовой и чистой прибыли в обороте предприятия, доля добавленной стоимости в обороте и отношение величины добавленной стоимости к издержкам на заработную плату.

Помимо перечисленных существует также множество показателей производительности (труда, капитала, энергозатрат и др.), применяемых в практике оперативного хозяйственного управления. Как правило, эти показатели не стоимостные, а смешанные или натуральные.

Показатели издержек производства также, как и оценочные показатели, подразделяются на абсолютные и относительные. К абсолютным показателям относятся себестоимость продукции, затраты на материалы и комплектующие изделия, затраты на заработную плату, амортизацию и др. Среди относительных пока-

зателей необходимо выделить долю авансированного капитала в обороте, долю запасов на складе в общей стоимости потребляемых материалов и полуфабрикатов и т.п.

Показатели стратегического управления – это группа достаточно большого количества показателей, характеризующих такие направления развития предприятия, как стратегия маркетинга, инвестиционная стратегия, конкурентные стратегии, стратегии развития персонала и т.п. Основной особенностью показателей стратегического управления является то, что, во-первых, по своей структуре – это, главным образом, относительные показатели – коэффициенты, во-вторых, это показатели, связанные с оценкой финансового состояния предприятий и использованием акционерного капитала.

Показатели стратегии маркетинга:

- цели маркетинга и выбор стратегии ее достижения (захват рынка, развитие рынка, развитие продукта);

- объем продаж и доля на рынке;
- тип конкурентной стратегии (лидерство в области затрат, стратегия дифференцирования, концентрация на сегменты рынка);
- прибыль (рост, сокращение);
- ценовая политика (расширение диапазона цен, следование за конкурентом, снижение цен).

Маркетинговые показатели содержат:

1. Информацию о спросе:

- виды потребности (что пользуется спросом?);
- объем потребности (какой объем потенциально необходим?);
- периоды потребности (когда есть спрос?);
- носители потребности (кто является покупателем, какие у них цели, как они себя ведут?);
- места спроса (где есть спрос?).

2. Информацию о предложении:

- предложение товаров (какие продукты предлагаются?);
- периоды предложения (когда предлагается?);
- продавцы (кто является продавцами, каковы их цели и как они себя ведут?);
- места предложения (где предлагается?).

Показатели стратегии маркетинга определяют состояние рынка, т.е. соотношение максимально возможных (потенциал рынка) и действительно реализуемых (емкость рынка) товарных масс и долю на рынке.

На быстро растущих рынках потенциал рынка сильно отличается от объема рынка.

При насыщенных рынках, напротив, объем рынка и потенциал рынка примерно равны. В этом случае дополнительный объем сбыта может быть достигнут предприятием только за счет своей доли на рынке.

Большое значение для принятия маркетинговых решений имеет информация о состоянии макроэкономики и, в частности, информация об экономической, налоговой, финансовой политике, распределении доходов и т.д. К этому относятся данные не только национальной экономики, но и международных экономических сообществ и экономик зарубежных стран. Особое значение они имеют для международного маркетинга.

Показатели инвестиционной стратегии характеризуют возможность предприятия финансировать его развитие как за счет собственных, так и за счет привлеченных (заемных) средств. В последнем случае предприятие должно иметь способность рассчитаться по своим обязательствам.

Способность рассчитаться по обязательствам – *платежеспособность* – одна из важнейших характеристик инвестиционной активности предприятия и результативности его работы в целом. Она определяет взаимоотношения предприятия с партнерами, банками, бюджетом и характеризует его успешную деятельность или банкротство.

Платежеспособность – это определенная система показателей (коэффициентов), рассчитываемых по данным статистической и бухгалтерской отчетности. Платежеспособность отражает три состояния финансовых средств предприятия:

- устойчивость финансового положения;
- ликвидность средств (текущую платежеспособность);
- эффективность использования средств.

Финансовое положение предприятия можно оценивать с точки зрения краткосрочной и долгосрочной перспектив.

В краткосрочном периоде показателями оценки финансового состояния является ликвидность и текущая платежеспособность предприятия (табл. 5.2.2.), т.е. способность своевременно и в полном объеме произвести расчеты по краткосрочным обязательствам.

5.2.2. Показатели текущей платежеспособности предприятия

Наименование показателя	Экономическое содержание показателя	Методы расчета показателя	Рекомендуемый норматив
Коэффициент покрытия, задолженности	Способность предприятия рассчитаться с задолженностью в перспективе	Сумма ликвидных средств предприятия / Сумма краткосрочной задолженности	2,0
Коэффициент общей ликвидности	Способность предприятия рассчитаться с задолженностью в ближайшее время	Сумма ликвидных средств (кроме товарно-материальных ценностей) / Сумма краткосрочной задолженности	1,0...2,0
Коэффициент абсолютной ликвидности	Способность предприятия рассчитаться с задолженностью немедленно	Наличные ликвидные средства / Сумма краткосрочной задолженности	0,3
Коэффициент краткосрочной дебиторской и кредиторской задолженности	Способность предприятия рассчитаться с кредиторами за счет дебиторов по задолженности до одного года	Краткосрочная дебиторская задолженность / Краткосрочная кредиторская задолженность	1,0
Коэффициент долгосрочной дебиторской и кредиторской задолженности	Способность предприятия рассчитаться с кредиторами за счет дебиторов по задолженности свыше одного года	Долгосрочная дебиторская задолженность / Долгосрочная кредиторская задолженность	1,0
Коэффициент займов и кредитов, погашенных в срок, к общей сумме займов и кредитов	Своевременность выполнения обязательств перед кредитной системой	Сумма займов и кредитов, погашенных в срок / Общая сумма займов и кредитов	

Под ликвидностью какого-либо актива понимают способность его трансформироваться в денежные средства, а степень ликвидности определяется продолжительностью временного периода, в течение которого эта трансформация может быть осуществлена. Чем короче период, тем выше ликвидность данного вида активов.

Платежеспособность означает наличие у предприятия денежных средств и их эквивалентов, достаточных для расчетов по кредиторской задолженности, требующей немедленного погашения. Таким образом, основными признаками платежеспособности являются: наличие в достаточном объеме средств на расчетном счете; отсутствие просроченной кредиторской задолженности.

В наиболее акцентированном виде степень ликвидности предприятия может быть выражена коэффициентом покрытия, показывающим, сколько рублей текущих активов (оборотных средств) приходится на один рубль текущих обязательств (текущая краткосрочная задолженность). При условии выполнения предприятием обязательств перед кредиторами его платежеспособность с известной степенью точности характеризуется наличием средств на расчетном счете.

Определенные трудности представляют рекомендуемые нормативные величины по отдельным показателям. Некоторые из них общепризнаны и применяются в действующих методиках. Другие могут использоваться со-

образно с местными условиями, отраслевой принадлежностью предприятий, экономической конъюнктурой.

С позиции долгосрочной перспективы финансовое состояние предприятия характеризуется структурой источников средств, степенью зависимости предприятия от внешних инвесторов и кредиторов. Эта группа показателей определяет устойчивость финансового положения предприятия, достаточную финансовую обеспеченность его деятельности, его финансовую независимость, способность маневрировать собственными средствами (табл. 5.2.3). Показатели рассчитываются на основе соотношения собственного и привлеченного капитала.

Каких-либо единых нормативов соотношения собственного и привлеченного капитала не существует. Тем не менее практика показывает, что доля собственного капитала должна быть достаточно велика – не менее 60 %. Условность этого лимита очевидна: высокорентабельное предприятие или предприятие, имеющее высокую оборачиваемость оборотных средств, может позволить себе относительно высокий уровень заемного капитала.

Группа показателей платежеспособности отражает эффективность использования средств (табл. 5.2.4).

Показатели эффективности использования средств – это показатели, характеризующие эффективность производства. К ним относятся коэффициенты оборачиваемости, рентабельности, производительности.

Показатели оборачиваемости показывают, сколько раз в год (или за анализируемый период) "оборачиваются" те или иные активы предприятия. Они имеют большое значение для оценки финансового положения предприятия, поскольку скорость оборота средств, т.е. скорость превращения их в денежную форму, оказывает непосредственное влияние на платежеспособность предприятия. Увеличение скорости оборота средств отражает при прочих равных условиях повышение производственно-технического потенциала предприятия.

Показатели рентабельности отражают, насколько эффективно предприятие использует свои средства в целях получения прибыли.

Существует две группы коэффициентов рентабельности: рентабельность капитала и рентабельность продаж.

5.2.3. Показатели устойчивости финансового положения

Наименование показателя	Экономическое содержание показателя	Методы расчета	Рекомендуемый норматив
Коэффициент автономии	Независимость от внешних источников финансирования	Собственный капитал / Балансовая стоимость активов	0,5
Коэффициент мобильности средств	Потенциальная возможность превратить активы в ликвидные средства	Стоимость мобильных средств / Стоимость немобильных средств	0,5
Коэффициент маневренности средств (числая мобильность)	Абсолютная возможность превратить активы в ликвидные средства	Мобильные средства минус краткосрочные обязательства / Мобильные средства	0,2
Коэффициент собственного капитала к общей задолженности	Обеспеченность задолженности собственным капиталом	Собственный капитал / Задолженность по кредитам и займам плюс кредиторская задолженность	1,0
Коэффициент собственного капитала к долгосрочной задолженности	Обеспеченность долгосрочной задолженности собственным капиталом	Собственный капитал / Долгосрочная задолженность по кредитам и займам плюс долгосрочная кредиторская задолженность	4,0

5.2.4. Показатели эффективности использования средств

Наименование	Экономическое содержание	Метод расчета
Коэффициент выручки от реализации к сумме немобильных средств	Фондоотдача: реализация на рубль немобильных средств предприятия	Выручка от реализации (нетто), т.е. за вычетом налогов / Сумма немобильных средств по активу баланса
Коэффициент выручки от реализации к сумме мобильных средств	Оборачиваемость средств, реализации на рубль мобильных (оборотных) средств	Выручка от реализации (нетто) / Сумма мобильных средств по активу баланса
Коэффициент оборачиваемости собственного капитала	Характеризует деятельность предприятия: с финансовой точки зрения – определяет скорость оборота собственного капитала; с экономической – активность денежных средств, которыми рискует предприятие	Выручка от реализации (нетто) / Среднегодовая стоимость собственного капитала
Коэффициент оборачиваемости инвестиционного капитала	Показывает скорость оборота всего долгосрочного (инвестиционного) капитала	Выручка от реализации (нетто) / Сумма среднегодовой стоимости собственного капитала и долгосрочных обязательств
Коэффициент рентабельности к выручке от реализации	Рентабельность (доходность) продаж	Балансовая прибыль / Выручка от реализации (нетто)
Коэффициент рентабельности к общему капиталу	Рентабельности (доходность) всего капитала, инвестиций в развитие предприятия	Балансовая прибыль / Стоимость активов предприятия по балансу
Коэффициент рентабельности к собственному капиталу	Рентабельность (доходность) собственного капитала предприятия	Балансовая прибыль / Величина собственного капитала (пассив баланса)
Коэффициент рентабельности инвестиций	Показывает, насколько эффективно предприятие ведет инвестиционную деятельность	Сумма доходов по ценным бумагам и доходов от долевого участия в совместных предприятиях / Среднегодовая величина долгосрочных и краткосрочных финансовых вложений
Коэффициент чистой прибыли к балансовой прибыли предприятия	Способность предприятия к самофинансированию	Чистая прибыль (за вычетом налогов) / Балансовая прибыль

При расчете коэффициентов рентабельности капитала используется балансовая прибыль и чистая прибыль (за минусом платежей в бюджет). Рентабельность всех активов по балансовой прибыли показывает, сколько денежных единиц прибыли (коп.) получено предприятием с единицы стоимости активов (с одного руб.), независимо от источников привлечения средств.

Для предприятий основным показателем оценки степени доходности вложенных капиталов принято считать процентное отношение чистой прибыли предприятия к его собственному капиталу. Именно этот показатель, получивший название коэффициент рентабельности собственного капитала, играет важную роль при оценке уровня котировки акций акционерных компаний на бирже.

Разница между показателями рентабельности всех активов и собственного капитала обусловлена привлечением предприятием внешних источников финансирования. Если заемные средства приносят больше прибыли, чем уплата процентов на этот заемный капитал, то разница может быть использована для повышения отдачи собственного капитала. Если рентабельность активов меньше, чем проценты, уплачиваемые на заемные средства, влияние привлеченных средств на деятельность предприятия должно быть оценено отрицательно. К рентабельности капитала относится также и рентабельность инвестиций, которая показывает, насколько эффективно предприятие ведет инвестиционную деятельность.

Коэффициент рентабельности продаж – это показатель общей рентабельности как отношение балансовой прибыли к чистой выручке от реализации. Он показывает, насколько эффективно и прибыльно предприятие ведет свою деятельность.

Показатель производительности труда определяется как объем валового дохода предприятия на одного работающего (рассчитанного как отношение валового дохода к среднесписочной численности персонала). Определяется также производительность труда в расчете на работников, занятых в основном производстве.

К показателям, характеризующим инвестиционную активность предприятия, помимо вышеназванных показателей платежеспособности относится группа так называемых *инвестиционных коэффициентов*, характеризующих стоимость и доходность акций предприятия, а в целом – эффективность использования собственного капитала.

Акция по определению – это зарегистрированное право владения частью имущества предприятия и право на получение доли дохода. Для владельца акция – бессрочная ценная бумага, она не может быть предъявлена предприятию с целью возвращения денег, если предприятие не ликвидируется. Если акционер не удовлетворен доходами, он может продать акции на вторичном рынке по рыночной цене.

Один из способов, используемых инвесторами для оценки стоимости акционерного капитала, заключается в анализе его прибыльности.

Норма прибыли на акцию – это чистая прибыль предприятия, деленная на среднее число обыкновенных акций, обращающихся на рынке в течение года.

$$\text{Норма прибыли} = \frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Среднее число обращающихся акций}}$$

Этот показатель отражает краткосрочную перспективу и очень чувствителен к конъюнктуре рынка.

Он показывает, какая доля чистой прибыли приходится на одну обыкновенную акцию в обращении. Акции в обращении определяются как разница между общим числом выпущенных обыкновенных акций и собственными акциями в портфеле. Если в структуре капитала предприятия имеются привилегированные акции, из чистой прибыли предварительно должна быть вычтена сумма дивидендов, выплаченных по привилегированным акциям. Необходимо отметить, что этот показатель является одним из наиболее важных показателей, влияющих на рыночную стоимость акций предприятия.

Норма прибыли акционерного капитала (прибыльность собственного капитала) показывает, насколько эффективно используется капитал акционеров, вложенный в предприятие.

$$\text{Норма прибыли акционерного капитала} = \frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Собственный капитал}}$$

Курс акций определяется спросом и предложением, но в то же время величина цены не дает гарантии успеха. Она имеет значение только в связи с прибылью и дивидендами, приходящимися на долю собственности, а также степенью участия в управлении предприятием.

Поскольку продажа акций является продажей права на получение дивиденда, постольку ее рыночная ценность на фондовой бирже представляет капитализированный дивиденд. Курс акций прямо пропорционален размеру приносимого акцией дивиденда и обратно пропорционален выплачиваемому по депозитам проценту.

$$\text{Курс акций} = \frac{\text{Дивиденд}}{\text{Ссудный процент}} \times 100 \%$$

В качестве ссудного процента (средняя ставка учетного процента) принимается ставка процента, который можно получить по вложению с высокой степенью гарантии оплаты.

Доходность акции – это отношение чистой прибыли к рыночной стоимости акции, выраженной в процентах. Рассчитывается путем деления чистой прибыли на количество акций в обращении, умноженных на их рыночную стоимость.

$$\text{Доходность акций} = \frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Средний процент} \times \text{Рыночная цена одной акции}}.$$

Чем выше доходность акции, тем более привлекательными они являются для потенциальных инвесторов. С другой стороны, чем более рискованными являются вложения, тем выше должна быть доходность акций для привлечения инвесторов. В странах с развитой рыночной экономикой данные о доходности акций, зарегистрированных на фондовой бирже, можно получить из аналитических обзоров экспертов.

В управлении предприятием широко применяются и другие относительные показатели и коэффициенты, характеризующие выполнение бизнес-плана, структуру, динамику, интенсивность развития предприятия.

В целом они являются основой для построения единой информационной базы данных в автоматизированной системе управления предприятием.

Основы применения информационных систем в управлении предприятием. Использование информационных систем в управлении предприятием делает предприятие более конкурентоспособным за счет повышения его управляемости и адаптируемости к изменениям рыночной конъюнктуры. Подобная автоматизация позволяет:

- повысить эффективность управления предприятием за счет обеспечения руководителей и специалистов максимально полной, оперативной и достоверной информацией на основе единого банка данных;

- улучшить делопроизводство при помощи оптимизации и стандартизации документооборота, автоматизации наиболее трудоемких его процедур;

- снизить расходы на ведение дел за счет автоматизации процессов обработки информации, регламентации и упрощения доступа сотрудников предприятия к нужной информации. Изменить характер труда сотрудников, избавляя их от выполнения рутинной работы и

давая возможность сосредоточиться на профессионально важных обязанностях;

- обеспечить надежный учет и контроль поступлений и расходования денежных средств на всех уровнях управления;

- руководителям среднего и нижнего звеньев анализировать деятельность своих подразделений и оперативно готовить сводные и аналитические отчеты для руководства и смежных отделов;

- повысить эффективность обмена данными между отдельными подразделениями, филиалами и центральным аппаратом.

- гарантировать полную безопасность баз данных на всех этапах обработки информации.

Применение информационных систем в управлении предприятием можно рассматривать на двух уровнях:

1. На рабочем месте специалиста-пользователя – автоматизированная обработка экономической информации с применением персональной ЭВМ (ПЭВМ);

2. На уровне создания комплексной (интегрированной) автоматизированной системы управления предприятием с использованием современных информационных технологий на основе экономико-математического моделирования.

Первый (низовой) уровень автоматизации связан с первичной обработкой экономической информации – статистической, бухгалтерской, оперативной и созданием на этой основе автоматизированных рабочих мест (АРМ) работников функциональных служб управления (АРМ экономиста, плановика, финансиста, бухгалтера, АРМ мастера цеха и т.п.). Применение ПЭВМ позволяет реально повысить производительность труда экономиста, бухгалтера, плановика и других специалистов за счет децентрализации процесса автоматизированной обработки экономической информации, совмещения непосредственно на рабочем месте их профессиональных знаний с преимуществами электронной обработки информации.

Под автоматизированным рабочим местом аналитика понимают профессионально-ориентированную малую вычислительную систему, предназначенную для автоматизации работ по анализу хозяйственной деятельности.

АРМ аналитика позволяет существенно расширить возможности экономиста и изменить характер труда при проведении анализа

хозяйственной деятельности: сократить время ответа на аналитические запросы; иметь возможность представления выходной информации в табличной и графической форме; возможность внесения корректив в методику расчетов и в формы отображения конечного результата; повторения процесса решения задачи с любой произвольно заданной точки (стадии) расчета; предоставить возможность работы в составе вычислительной сети.

Согласованную работу всех устройств ПЭВМ и их взаимодействие с человеком обеспечивает программное обеспечение АРМ аналитика. В составе программного обеспечения (ПО) выделяют общее программное обеспечение (ОПО) и функциональное программное обеспечение (ФПО). Базовыми программными средствами при создании ФПО АРМ аналитика являются программные средства для подготовки текстов (текстовые редакторы или текстовые процессоры), программные средства для подготовки табличных документов (табличные процессоры или электронные ведомости), программные средства для автоматизации работ по созданию и ведению баз данных, поиску требуемых сведений для подготовки различных документов (системы управления базами данных или СУБД). Большое распространение на практике получили интегрированные пакеты ФПО, включающие в свой состав текстовый процессор, табличный процессор, СУБД, а также конкретный командный файл настройки ПО на конкретный вид (режим) обработки информации. Это позволяет организовать работу экономиста на АРМ в режиме "меню" с максимальным учетом его профессиональных требований, сочетающих целостную обработку чисел, текстов и графиков, а также другой деловой информации.

АРМ аналитика на базе ПЭВМ является технико-технологическим средством освоения стратегических информационных ресурсов предприятия, обуславливающих его способность к успешному развитию. АРМ аналитика позволяет перевести данные о работе предприятия из пассивной в активную форму, преобразовать их в новые знания, в источник новых подходов и решений, материализуя информацию в повышение эффективности производства.

В рамках АРМ аналитика весь информационный фонд предприятия функционирует в форме базы данных, базы знаний и программных средств. Базы данных представляют собой фактографические данные о хозяйственной

деятельности. Интеллектуальной оболочкой их полезного прочтения являются базы знаний – методы и методика анализа. Программные средства образуют инструмент автоматизированного исполнения аналитических задач для информационного обслуживания хозяйственной деятельности.

Принципиальная схема организации аналитической деятельности в условиях функционирования АРМ аналитика представлена на рис 5.2.2. Для организации анализа в условиях АРМ характерно, во-первых, сохранение целостности анализа при условии децентрализованной обработки информации. В теории анализа хозяйственной деятельности (АХД) уже много сделано для достижения системности, функциональной, технической, методической и информационной совместимости составных частей анализа в единое целое. Благодаря этому достигаются объективность анализа и его достоверность. В условиях децентрализованной обработки информации целостность анализа не разрушается, не отменяется единство целей и задач анализа с точки зрения его системных свойств. Поэтому можно говорить о том, что развитой сети распределенных баз данных соответствуют система распределенных задач хозяйственной деятельности, отдельные задачи АХД, промежуточные результаты и т.д.; как бы важны они ни были, должны проходить через призму общей системы комплексного анализа, реализующей все частные задачи.

Во-вторых, соединение процесса обработки информации с процессом принятия решения.

В условиях АРМ аналитические задачи решаются непосредственно самим пользователем на своем рабочем месте. Аналитик ведет личный контроль над всеми стадиями процесса обработки аналитической информации, имеет возможность оценить полученные результаты, грамотно использовать их для обоснования управленческих решений, удовлетворения разнообразных информационных потребностей управляющей системы.

В-третьих, повышение оперативности и действенности анализа. В условиях АРМ анализ непосредственно следует за учетом, а также выполняется в ходе хозяйственного учета. АРМ аналитика превращает подсистему аналитического обеспечения управления хозяйственной деятельностью в постоянно действующий фактор повышения эффективности производства за счет активизации всего информационного фонда предприятия.

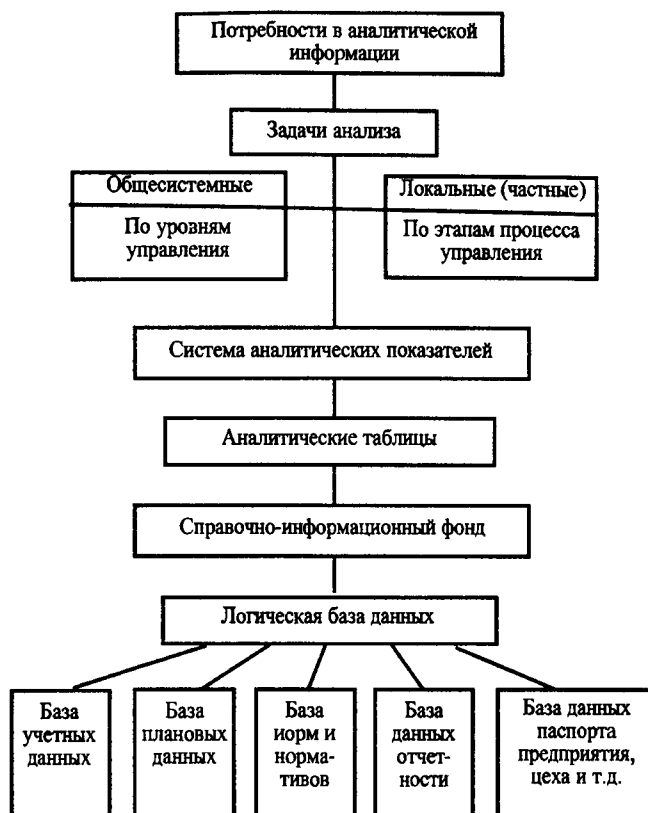


Рис. 5.2.2. Принципиальная схема организации аналитической деятельности в условиях АРМ аналитика

При проектировании и создании АРМ аналитика первоочередными факторами, которые необходимо учитывать, являются: тенденции развития хозяйственной деятельности и управления ее; содержание и структура аналитических задач; опыт автоматизации экономического анализа на ЭВМ предшествующих поколений.

Комплекс программных средств для АРМ аналитика разрабатывается как программное приложение к типовой методике анализа хозяйственной деятельности.

Функциональное назначение комплекса – выполнение в автоматизированном режиме полного набора взаимосвязанных аналитических расчетов по итогам хозяйственной деятельности промышленного предприятия за год, квартал, месяц. Результатом работы ППП АХД является получение на ПЭВМ машинограмм, которые характеризуют деятельность предприятия по выполнению плана и повышению эффективности производства, динамику показате-

лей за ряд периодов, степень влияния на обобщающие показатели деятельности различных факторов. Таблицы позволяют дать сравнительную оценку работы предприятия и имеющихся резервов.

ППП АХД представляет собой совокупность программ обработки аналитических таблиц по методике комплексного анализа хозяйственной деятельности предприятия. Задачи анализа сгруппированы в десять разделов:

1. Комплексный обзор обобщающих показателей хозяйственной деятельности.
2. Анализ организационно-технического уровня производства и качества продукции.
3. Анализ объема продукции.
4. Анализ использования основных фондов и работы оборудования.
5. Анализ использования материальных ресурсов.
6. Анализ использования труда и заработной платы.
7. Анализ себестоимости продукции.

8. Анализ прибыли и рентабельности.
9. Анализ финансового состояния.
10. Комплексная оценка хозяйственной деятельности.

Работа с ППП осуществляется в режиме диалога.

Имеется возможность легко переходить от одного раздела методики к другому и от одной задачи анализа к другой задаче внутри раздела. Для облегчения выбора для каждой задачи анализа составлена краткая характеристика о цели и назначении, периодичности решения, источниках информации и др.

Эксплуатация комплекса предусматривает достижение следующих целей:

- снижение трудоемкости и стоимости аналитического процесса;
- сокращение сроков обработки аналитических данных, повышение их качества и достоверности;
- создание условий для перехода к безбумажной технологии обработки аналитических данных;
- обеспечение директивных сроков представления установленных результатов анализа;
- повышение гибкости и управление аналитическим процессом;
- совершенствование организации труда аналитических работников.

Глава 5.3

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Важнейшими показателями эффективности производственной системы являются:

Экономический эффект:

- разница между результатами экономической деятельности (например, продуктом в стоимостном выражении) и затратами, произведенными для их получения и использования. Если результаты экономической деятельности превышают затраты, то имеет место положительный экономический эффект (оцениваемый, например, прибылью), в противном случае – отрицательный (например, ущерб, убыток);
- разница между исходной и достигнутой "абсолютной" экономической эффективностью рассматриваемой экономической системы при ее изменении или изменении условий ее функционирования.

Эффект как разница между стоимостью продукта и затратами на его производство возникает при прочих равных условиях в двух случаях. Во-первых, когда происходит рост объема производства, во-вторых, когда сокращаются затраты (происходит экономия ресурсов).

В экономических расчетах наиболее распространены три показателя экономического эффекта:

- *годовой* – разность между годовым продуктом и годовыми затратами;
- *интегральный* – сумма годовых эффектов или разность между суммарным продуктом и суммарными затратами за расчетный период;
- *среднегодовой* – средний из годовых эффектов за расчетный период.

Экономическая эффективность – это важнейший оценочный показатель результативности деятельности производственной системы, представляющий собой сопоставление результатов этой деятельности.

В отличие от экономического эффекта экономическая эффективность в этом значении – не абсолютная (эффект за определенный период), а относительная величина. Наиболее распространенный способ ее определения заключается в делении величины эффекта на величину затрат (эффект на единицу затрат). Отсюда при прочих равных условиях, чем больше экономический эффект (или результаты) и меньше привлеченные для этого ресурсы, тем выше эффективность системы.

Наряду с общей эффективностью функционирования производственной системы рассматривается частная эффективность ее отдельных частей и факторов, воздействующих на нее. Мерой частной эффективности является ее вклад в общую эффективность (например, эффективность факторов производства, эффективность капитальных вложений, производительность труда, фондоотдача и т.п.).

Уровень эффективности – это важная характеристика качества производственной системы и качества решений (действий), изменяющих ее. Вариант функционирования производственной системы, обеспечивающий ее наибольшую эффективность в данных условиях (при заданных ограничениях), является оптимальным.

Эффективность промышленного производства – это результативность промышленного производства, которая характеризуется системой показателей, включающей частные

показатели эффективности использования отдельных видов ресурсов (живого труда, средств труда и предметов труда) и общие показатели эффективности использования нескольких видов ресурсов.

Показатели эффективности промышленного производства рассчитываются на основе сопоставления эффекта (результата) производства с авансированными ресурсами или текущими затратами, связанными с получением этого эффекта.

Показателями эффекта служат выпущенная продукция или прибыль (балансовая или от реализации промышленной продукции).

Показателями размера авансированных ресурсов овещественного труда являются основные, оборотные или все производственные фонды в денежном выражении.

Показателями текущих затрат отдельных видов ресурсов выступают затраты живого труда (в единицах рабочего времени или численность работников), затраты средств труда (амортизация основных производственных фондов) и затраты предметов труда (сырья, материалов, топлива и энергии в денежном выражении).

Эффективность использования авансированных ресурсов характеризуют показатели отдачи единиц ресурсов: фондоотдача, коэффициент оборачиваемости оборотных средств, рентабельность производственных фондов и др.

Частные показатели эффективности затрат отдельных видов ресурсов – производительность живого труда или трудоемкость продукции, материалоемкость или материалоотдача, размер амортизации, приходящейся на 1 рубль полученного эффекта (амортизациоёмкость).

Обобщающие показатели эффективности текущих затрат – затратноёмкость единиц эффекта или затратноотдача. При необходимости соизмерения текущих затрат с размерами авансированных ресурсов используют приведенные затраты, включающие текущие издержки производства и приведенные к одному периоду размеры основных и оборотных производственных фондов.

Факторы эффективности производственной системы. Первым важнейшим фактором повышения эффективности производственной системы, обеспечения ее высокой эффективности был и остается научно-технический прогресс (НТП).

Важную роль играет автоматизация производства, то есть быстрое развитие робото-

техники, роторных и роторно-конвейерных линий, гибких автоматизированных производств, что обеспечивает высокую производительность труда; создание и использование новых видов металлопродукции, пластических масс, композитов, металлических порошков, керамики и других прогрессивных конструкционных материалов.

Вторым фактором является режим экономии.

Ресурсосбережение должно превратиться в решающий источник удовлетворения растущих потребностей в топливе, энергии, сырье и материалах.

Третьим фактором повышения эффективности является улучшение использования основных фондов.

Необходимо интенсивнее использовать созданный производственный потенциал, добиваться ритмичности производства, максимальной загрузки оборудования, существенно повышать сменность его работы и на этой основе увеличивать съём продукции с каждой единицы оборудования, с каждого квадратного метра производственной площади.

Четвертый фактор – инвестиционная политика, которая призвана обеспечивать повышение эффективности капитальных вложений.

И последний, пятый фактор – совершенствование форм и методов управления производственной системой.

Технические и производственные показатели производственной системы. Материальную основу предприятия и осуществляющихся на нем производственных процессов составляет его технико-производственная база. К основным элементам технико-производственной базы относятся здания и сооружения производственного назначения, машины и оборудование, транспортные средства и инструменты.

Показатели технического уровня производства целесообразно подразделять на частные и обобщающие.

К частным показателям технического уровня относятся следующие:

- уровень механизации и автоматизации производства (отношение основных и вспомогательных рабочих, работающих по наблюдению за автоматами и при помощи машин, к общей численности основных и вспомогательных рабочих);

- уровень прогрессивности технологических процессов (отношение прогрессивных

процессов к их общему количеству в соответствии с официальными методиками);

- средний возраст технологических процессов;

- средний возраст технологического оборудования;

- фондовооруженность труда работников предприятия (отношение стоимости активной части основных производственных фондов к численности всех работников).

Обобщающий показатель технического уровня производства $K_{\text{тв}}$, характеризующий степень развития средств производства и прогрессивность технологии, определяется как функция от частных показателей:

$$K_{\text{тв}} = f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (5.3.1)$$

где f – функция-зависимость между обобщающим показателем технического уровня и частными показателями; $X_1, X_2, \dots, X_n$ – частные показатели, влияющие на $K_{\text{тв}}$.

Частные показатели технического уровня производства рекомендуется определять по одной из формул:

$$X_i = \frac{P_{fi}}{P_{ni}}; \quad (5.3.1, a)$$

$$X_i = \frac{P_{ni}}{P_{fi}}, \quad (5.3.1, б)$$

где P_{fi} – фактическое значение i -го фактора, влияющего на обобщающий показатель технического уровня; P_{ni} – нормативное или плановое значение i -го фактора.

Формулой 5.3.1, а рекомендуется пользоваться в том случае, когда превышение фактического значения фактора над нормативным положительно влияет на технический уровень производства. Например, уровень механизации и автоматизации производства, уровень прогрессивности технологических процессов и т.д.

Формулой 5.3.1, б рекомендуется пользоваться в обратном случае, когда превышение фактического значения фактора над нормативным отрицательно влияет на технический уровень производства. Например, средний возраст технологического оборудования предприятия, средний возраст технологий и др.

Для оценки производственного потенциала предприятия используются следующие показатели:

- стоимость основных производственных фондов и степень их износа;

- степень загрузки производственных мощностей, фондоотдача;

- обеспеченность материально-сырьевыми и топливно-энергетическими ресурсами;

- объемы и номенклатура выпускаемой продукции;

- площадь земельного участка;

- стоимость незавершенного строительства.

Инновационные показатели развития производственной системы. Инновация представляет собой материализованный результат, полученный от вложения капитала в новую технику или технологию, в новые формы организации производства, труда и управления, включая новые формы контроля, учета, анализа и т.п.

Выделяют следующие виды инноваций:

- использование новой техники, технологических процессов;

- внедрение продукции с новыми свойствами;

- использование нового сырья;

- изменения в организации производства и в материально-техническом обеспечении;

- появление новых рынков сбыта.

Также существует два вида технологических инноваций:

- продуктовая инновация (внедрение новых или усовершенствованных продуктов);

- процессная инновация (освоение новых форм и методов организации производства при выпуске новой продукции).

Инновация ведет к снижению себестоимости, цен, к росту прибыли, к повышению имиджа производителя новых продуктов, к открытию новых рынков.

Инновация (нововведение) – конечный результат инновационной деятельности, получивший реализацию в виде нового или усовершенствованного продукта, реализуемого на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности.

При реализации инновации, предложенной к продаже, происходит обмен "деньги – инновация". Денежные средства, полученные предпринимателем в результате такого обмена, во-первых, покрывают расходы по созданию и продаже инноваций, во-вторых, приносят прибыль от реализации инноваций, в-третьих,

выступают стимулом к созданию новых инноваций, в-четвертых, являются источником финансирования нового инновационного процесса.

Инновационная деятельность – процесс, направленный на разработку инноваций, реализацию результатов законченных научных исследований и разработок либо иных научных достижений в новый или усовершенствованный продукт, реализуемый на рынке, в новый или усовершенствованный технологический процесс, используемый в практической деятельности, а также связанные с этим дополнительные научные исследования и разработки.

Инновационная программа – комплекс инновационных проектов и мероприятий, согласованный по ресурсам, исполнителям и срокам их осуществления и обеспечивающий эффективное решение задач по освоению и распространению принципиально новых видов продукции (технологии).

Инновационный проект – это обоснование экономической целесообразности и сроков осуществления капитальных вложений, в том числе необходимая проектно-сметная документация, а также описание практических действий по осуществлению инвестиций в новацию.

Инновационная политика предприятия – это стратегия ее поведения по отношению к процессу инноваций, включающая:

- разработку планов и программ инновационной деятельности;
- подготовку инновационных проектов;
- контроль за ходом разработки нововведений и их внедрением;
- проведение единой инновационной политики: координация деятельности всех подразделений предприятия в этой области;
- обеспечение финансовыми и материальными ресурсами, квалифицированным персоналом программ нововведений.

Инновационный процесс в общем виде является последовательностью перехода от идеи возможного нововведения до создания, продажи и диффузии этого нововведения.

Основными элементами инновационного процесса являются:

- инициация (деятельность по выбору инноваций, постановке задачи, ее технико-экономическому обоснованию и материализации идеи, т.е. превращение идеи в товар);
- маркетинг инновации (изучение спроса на новый продукт или операцию и т.д.);
- выпуск (производство) инновации;
- реализация инновации;

– продвижение инновации (передача информации, реклама и т.п.);

– оценка экономической эффективности инновации;

– диффузия инновации (распространение инновации на новых рынках, в новых регионах).

Инновационный путь развития способен обеспечить стабильный прирост экономических результатов и соответственно поддерживать конкурентоспособность предприятия. Постоянные нововведения – главный фактор преуспевания на рынке любого предприятия.

Показатели коммерческой деятельности производственной системы. Коммерция (от лат. – торговля) – приобретение и сбыт (продажа) товаров, совокупность процессов и операций, направленных на совершение купли-продажи товаров с целью удовлетворения покупательского спроса и получения прибыли.

Коммерция является неотъемлемой частью деятельности промышленных предприятий в условиях рынка. Коммерческая деятельность на промышленных предприятиях подразделяется на:

- закупочную (материально-техническое обеспечение);
- сбытовую.

Основной задачей анализа коммерческой деятельности на предприятиях является установление причин негативных отклонений от нормальных коммерческих взаимоотношений контрагентов и недопущение их в будущем.

Анализ закупочной деятельности. Затраты на закупку материальных ресурсов занимают наибольшую долю в расходах промышленного предприятия. Поэтому анализ закупочной коммерческой деятельности предприятия должен быть направлен на выявление в этой сфере излишних затрат материальных ресурсов и путей ускорения оборачиваемости запасов.

Производственные запасы предприятия – это материально-вещественные ценности (сырье, материалы, детали, комплектующие изделия и др.), предназначенные для производственного потребления, но еще не вступившие в производственный процесс.

Анализ использования запасов осуществляется с помощью следующих показателей.

Оборачиваемость запасов (коэффициент оборачиваемости, $K_{об}$):

$$K_{об} = \frac{C}{\bar{З}}, \quad (5.3.2)$$

где C – стоимость потребления материальных ресурсов за определенный период; $\bar{З}$ – средняя величина запасов за этот период.

Средняя величина запасов определяется по формуле:

$$\bar{З} = \frac{З_н + З_к}{2}, \quad (5.3.3)$$

где $З_н$ – остатки запасов на складе на начало периода; $З_к$ – остатки запасов на конец периода.

С помощью коэффициента оборачиваемости определяется, сколько раз оборачиваются запасы за определенный период (квартал, год).

Другим показателем, с помощью которого анализируется состояние запасов, является срок хранения запасов (продолжительность оборота запасов в днях).

Он определяется по формуле:

$$O = \frac{360}{K_{об}}. \quad (5.3.4)$$

Анализ сбытовой деятельности предприятия. Объем сбыта (реализации) продукции определяет результаты финансово-хозяйственной деятельности предприятия, от него зависит размер доходов и прибыли.

Сбытовую деятельность предприятия анализируют по следующим направлениям:

- анализ выполнения договорных обязательств перед покупателями по поставкам;
- продукции;
- анализ качества поставляемой покупателям продукции;
- анализ показателей результативности сбытовой деятельности.

Процент выполнения договорных обязательств по поставкам продукции ($\Pi_в$) рассчитывается по формуле:

$$\Pi_в = \frac{O_{пд} - O_n}{O_{пд}} 100 \%, \quad (5.3.5)$$

где $O_{пд}$ – объем поставок продукции предприятием за определенный период в соответствии с заключенными договорами; O_n – объем недопоставки продукции за определенный период.

Производство и сбыт продукции высокого качества имеют большое значение для каждого предприятия. Качество продукции является одним из определяющих показателей ее конкурентоспособности. Для анализа качества поставляемой покупателям продукции целесообразно использовать следующие показатели:

1. Объем поставленной продукции в действующих ценах, в том числе:

- объем сертифицированной продукции;
- удельный вес сертифицированной

продукции к общему объему поставленной покупателям, в %;

2. Объем продукции, поставленной на экспорт; удельный вес экспортной продукции в общем объеме поставленной покупателям, в %;

3. Количество принятых рекламаций, в том числе:

- от зарубежных партнеров;
- стоимость зарекламированной продукции в действующих ценах;
- удельный вес зарекламированной продукции.

Используются следующие показатели результативности сбытовой деятельности:

1. Фактический объем реализованной продукции (в сопоставимых ценах);

2. Количество заключенных контрактов с покупателями;

3. Количество полностью выполненных контрактов;

4. Средняя стоимость выполненного контракта;

5. Коэффициент оборачиваемости запасов готовой продукции ($K_{об}$):

$$K_{об} = \frac{P}{\bar{З}}, \quad (5.3.6)$$

где P – объем реализованной продукции за определенный период, в руб.; $\bar{З}$ – средний запас готовой продукции за указанный период, в руб.

Финансовые показатели производственной системы. Интегральный результат деятельности предприятия за определенный интервал времени характеризуют следующие финансовые показатели:

1. Показатели доходов и прибыли:

- чистая выручка от реализации продукции, работ, услуг (валовая выручка от реализации за вычетом НДС, акцизов, возвращенных товаров и ценовых скидок). Этот показатель является базовым для расчета показателей

прибыли и оценки рентабельности предприятия;

- валовая прибыль от реализации продукции, работ, услуг (чистая выручка от реализации за вычетом производственных расходов на реализованную продукцию). Этот показатель позволяет анализировать эффективность основной деятельности предприятия;

- прибыль (убыток) от основной деятельности – валовая выручка от реализации за вычетом расходов по управлению и сбыту. Данный показатель отражает влияние расходов по управлению и сбыту на финансовый результат от реализации;

- прибыль от финансовой деятельности – сальдо доходов и расходов по финансовой деятельности. Этот показатель необходим, чтобы отделить прибыль от основной деятельности предприятия от таких источников прибыли, как получение процентов и дивидендов, операции с валютой, ценными бумагами и др.;

- прибыль от обычной хозяйственной деятельности – сумма прибылей от основной хозяйственной деятельности и прибылей от финансовой деятельности;

- разовая прибыль от неосновной деятельности (чрезвычайная прибыль);

- прибыль (убыток) до уплаты налога. Этот показатель является точкой перехода от бухгалтерской прибыли к налогооблагаемой прибыли. Бухгалтерская (или отчетная) прибыль – это прибыль, рассчитанная в соответствии с требованиями бухгалтерского учета. Основная цель определения бухгалтерской прибыли – показать эффективность деятельности предприятия за отчетный период. Налогооблагаемая прибыль – это бухгалтерская прибыль, пересчитанная с учетом налоговых требований;

- чистая прибыль (чистый убыток) – прибыль после уплаты налога.

2. Показатели расходов предприятия:

- себестоимость реализованной продукции, товаров и услуг;

- общехозяйственные и коммерческие расходы;

- расходы по финансовой деятельности;

- разовые расходы на неосновную деятельность.

Финансовые показатели производства тесно взаимосвязаны с показателями, характеризующими финансовое состояние предприятия.

Оценка деятельности предприятия осуществляется через совместное использование

результатирующих показателей и показателей финансового состояния.

Важнейшей характеристикой деловой активности и надежности предприятия является его финансовое состояние. Оно определяет конкурентоспособность предприятия, его потенциал в деловом сотрудничестве, является гарантом эффективной деятельности как самого предприятия, так и его партнеров.

Анализ финансового состояния – необходимое условие грамотного управления предприятием, объективная предпосылка обоснованного планирования и рационального использования финансовых ресурсов.

Финансовое состояние является комплексным понятием и характеризуется системой показателей, отражающих наличие и размещение денежных средств, реальные и потенциальные финансовые возможности. Его определяют на конкретную дату (обычно на конец планового периода).

Хорошее финансовое состояние – это устойчивая платежная готовность, достаточная обеспеченность собственными оборотными средствами и эффективное их использование с хозяйственной целесообразностью, четкая организация расчетов, наличие устойчивой финансовой базы.

Неудовлетворительное финансовое состояние характеризуется неэффективным размещением средств, их иммобилизацией, плохой платежной готовностью, просроченной задолженностью перед бюджетом, поставщиками и банком, недостаточно устойчивой реальной и потенциальной финансовой базой, обусловленной неблагоприятными тенденциями в производстве.

Основными показателями финансового состояния предприятия являются актив и пассив.

Актив – это стоимость имущества и денежных прав, которыми располагает предприятие на определенную дату. Актив складывается из оборотного капитала денежных средств, средств в расчетах, запасов и затрат и основного капитала (недвижимости, капитальных вложений и финансовых вложений).

Пассив – это обязательства предприятия, погашение которых приведет к уменьшению стоимости имущества или поступающих доходов. Пассив складывается из заемного капитала (краткосрочной задолженности, долгосрочной задолженности) и собственного капитала (уставного фонда, нераспределенной прибыли).

Детализируются элементы активов и пассивов в балансовом отчете предприятия. Он содержит описание источников роста и расходования фондов, классифицирует информацию о финансовом состоянии предприятия.

Анализ финансового состояния начинается с определения средств предприятия, а также источников их обращения: собственных и заемных, находящихся в его распоряжении.

Используются следующие показатели оценки имущественного положения:

- сумма хозяйственных средств, находящихся в распоряжении предприятия. Этот показатель, равный итогу баланса-нетто, дает стоимостную оценку активов, числящихся на балансе предприятия;

- доля активной части основных средств (т.е. машины, оборудование и транспортные средства). Показатель равен стоимости активной части основных средств, деленной на стоимость основных средств;

- коэффициент износа, характеризующий долю стоимости основных средств, оставшуюся к списанию на затраты в последующих периодах. Определяется как сумма износа, деленная на балансовую стоимость основных средств;

- коэффициент обновления. Определяется как балансовая стоимость поступивших за период основных средств, деленная на балансовую стоимость основных средств на конец периода;

- коэффициент выбытия. Определяется как балансовая стоимость выбывших за период основных средств, деленная на балансовую стоимость средств на начало периода.

Оценка финансовой устойчивости предприятия в долгосрочной перспективе:

- коэффициент концентрации собственного капитала (собственный капитал, деленный на сумму хозяйственных средств). Он показывает долю владельцев предприятия в общей сумме средств, вложенных в его деятельность;

- коэффициент финансовой зависимости. Определяется соотношением суммы хозяйственных средств и собственного капитала;

- коэффициент маневренности собственного капитала. Показывает, какая часть собственного капитала используется для финансирования текущей деятельности, а какая часть капитализирована. Равен сумме собственных оборотных средств, деленной на собственный капитал;

- коэффициент структуры долгосрочных вложений показывает, какая часть основных средств и прочих внеоборотных активов профинансирована внешними инвесторами. Показатель равен объему долгосрочных обязательств, деленному на сумму средств и прочих внеоборотных активов;

- коэффициент соотношения собственных и привлеченных средств. Равен сумме привлеченных капиталов, деленной на собственный капитал. Он дает наиболее общую оценку финансовой устойчивости предприятия.

Показатели инвестиционного развития и обеспечения безопасности производственной системы. Инвестиции – денежные средства, целевые банковские вклады, паи, акции и другие ценные бумаги, технологии, машины, оборудование, иное имущество, а также имущественные и иные права, имеющие денежную оценку, вкладываемые в объекты предпринимательской и/или иной деятельности в целях получения прибыли и/или достижения иного полезного эффекта.

Различают следующие виды инвестиций:

1. По направлениям финансирования:

- инвестиции в нефинансовые активы – вложения капитала, включающие инвестиции в основной капитал, затраты на капитальный ремонт основных фондов, инвестиции в нематериальные активы, расходы на прирост запасов материальных оборотных средств, приобретение других нефинансовых активов (земельные участки, объекты природопользования и др.);

- инвестиции в основной капитал – единовременные затраты на создание, воспроизводство и приобретение основных фондов (новое строительство, реконструкция и техническое перевооружение и т.д.);

- инвестиции в прирост запасов материальных оборотных средств – расходы на формирование запасов материальных оборотных средств, необходимые для обеспечения устойчивой работы предприятия и определяемые как разность между поступлениями оборотных средств в запасы и их выбытием;

- инвестиции в нематериальные активы – приобретение патентов, лицензий, прав пользования земельными участками, авторских прав, товарных знаков, программных продуктов и т.д.;

- финансовые инвестиции – приобретение ценных бумаг, процентных облигаций, федеральных, субфедеральных и муниципальных

ных займов, долей в уставном капитале юридических лиц, займы другим юридическим лицам.

2. По возможности участия в управлении предприятием:

- прямые инвестиции – инвестиции, осуществляемые юридическими или физическими лицами, имеющими право участия в управлении объектом инвестирования (т.е. контролирующими не менее 10 % голосующих акций акционерного общества или уставного капитала предприятия), либо получающими такое право в результате вложения инвестиций;

- портфельные инвестиции – покупка акций и паяв, не дающих инвестору возможности влияния на управление предприятием (т.е. даже после произведенной покупки его доля в капитале предприятия не достигнет 10%);

- прочие инвестиции – предоставление кредитов различных видов (торговых, инвестиционных и т.д.), не предполагающих участие кредитора в управлении.

Основными показателями инвестиционного развития производственной системы являются:

- обновление продукции и выпуск высокоэффективных изделий повышенного технического уровня и качества;

- обеспечение загрузки имеющихся производственных мощностей и пропорциональности их развития;

- решение экономических задач;

- ведение активных внешнеэкономических операций;

- устранение дублирования работ, совершенствование получаемой в этих целях информации,

- создание непрерывного цикла от разработки изделия до его постановки на производство;

- долевое финансирование работ;

- мероприятия по охране окружающей среды и решению экологических задач, т.е. разработка и применение безотходных технологий, выпуск экологически безопасной и для потребителя, и для производителя продукции, возведение, если это требуется, необходимых природоохранных сооружений и т.п.;

- обеспечение экономической безопасности производства и устранение негативных для общества последствий хозяйственной деятельности.

Безопасность – создаваемые системой условия, гарантирующие предотвращение

утечки конфиденциальной информации, нарушения тайны, осуществления диверсий, сохранение экосистемы и здоровья человека. В качестве объектов безопасности могут быть страна, регион, организация, человек и др. По направлениям безопасность может быть экономическая, информационная, техническая, военная, экологическая и т.д.

Безопасность информационная – комплекс организационно-технических мероприятий, обеспечивающих целостность данных и конфиденциальность информации в сочетании с ее доступностью для всех авторизованных пользователей.

Безопасность предприятия – состояние защищенности его жизненно важных интересов от недобросовестной конкуренции, противоправной деятельности криминальных формирований и отдельных лиц, способность противостоять внешним и внутренним угрозам, сохранять стабильность функционирования и развития предприятия в соответствии с его уставными целями.

На предотвращение нежелательных событий нацелены расходы охранного и предупреждающего характера. Каждое предприятие нуждается в системе раннего предупреждения, чтобы знать о возможных сбоях в сбыте товара, сдвигах в спросе, усилиях конкурентов, действиях поставщиков и продавцов.

В ряде случаев экономическая ситуация на рынке заставляет предприятие вынужденно сокращать производство и сбыт продукции. В таких условиях предприятие должно определять показатель безопасности коммерческой деятельности и знать, на какую сумму можно уменьшить сбыт товаров и выручку от реализации, не выходя из зоны прибыли.

Показатель безопасности коммерческой деятельности (запас финансовой прочности) – это сумма, на которую предприятие может себе позволить уменьшить выручку от реализации, не выходя из зоны прибыли.

Показатель безопасности коммерческой деятельности ($B_{\text{кд}}$) определяется по формуле:

$$B_{\text{кд}} = R - R_6, \quad (5.3.7)$$

или

$$B_{\text{кд}} = \frac{R - R_6}{R} 100 \%, \quad (5.3.8)$$

где R – ожидаемый объем выручки от реализации продукции; R_6 – равновесный объем реализации (точка безубыточности предприятия).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаев Ю.В. Анализ эффективности хозяйственной деятельности предприятий в условиях рынка и аудит. Пенза: ПГУ, 1995.
2. Арсеньев Ю.Н., Шелобаев С.И. Анализ, синтез и оптимизация социо-техно-экономических систем: безопасность, надежность, эффективность. М.: Высшая школа, 1998.
3. Балабанов И.Т. Инновационный менеджмент. СПб.: Питер, 2000.
4. Богатии Ю.В. Оценка эффективности бизнеса и инвестиций. М.: ЮНИТИ – Дана, 1999.
5. Большаков А.С. Современный менеджмент. Теория и практика. СПб.: Питер, 2000.
6. Весини В.Р. Основы менеджмента. М.: МГУ, 1999.
7. Глухов В.В. Менеджмент. СПб.: Питер, 1999.
8. Грузинов В.П., Грибов В.Д. Экономика предприятий. М.: Финансы и статистика, 1999.
9. Елькии В.А. Экономика фирм, предприятий и межотраслевых комплексов. Иркутск: ИГУ, 2000.
10. Ершов А.К. Основы организации производственных систем. М.: МГАП "Мир книги", 1994.
11. Зайцев Н.Л. Экономика промышленного предприятия. М.: Инфра-М, 1998.
12. Коммерческая деятельность производственных предприятий (фирм). СПб.: ЛГУ, 1999.
13. Ложкии О.Б. Движение ресурсов и эффективность бизнеса. М.: МГУП, 2000.
14. Макаренко М.В., Махалина О.М. Производственный менеджмент. М.: Дело, 1998.
15. Марголии А.М., Быстриков А.Я. Экономическая оценка инвестиций. М.: ТАНДЕМ, 2001.
16. Осипова Л.В. Основы коммерческой деятельности. М.: ЮНИТИ, 2000.
17. Производственный менеджмент. М.: ЮНИТИ, 2000.
18. Тренев Н.Н. Управление финансами. М.: Финансы и статистика, 2000.
19. Уткин Э.А. Финансовый менеджмент. М.: Экономика, 1998.
20. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент. М.: Инфра-М, 2000.
21. Чепаченко Н.В. Экономика предприятия: эффективное управление предприятием. СПб.: ЛГУ, 1999.

22. Экономика предприятия / Под ред. А.Д. Горфинкеля. М.: ЮНИТИ, 2000.

23. Яиковский К., Мухарь И. Организация инвестиционной и инновационной деятельности. СПб.: Питер, 2001.

Глава 5.4

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

5.4.1. ФОРМЫ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Предметная специализация. Структура предметно-специализированной производственной системы. При предметной специализации производственные структурные единицы формируют по признаку изготавливаемых изделий. При этом в одной структурной единице сосредотачивается разное оборудование, необходимое для полного изготовления изделия. Назовем это предметно-специализированным производством (ПСЦП).

Принцип специализации распространяется на различные уровни производственных систем: производственное объединение (комбинат), предприятие, цех, участок.

Для предметно-специализированной производственной системы характерна "строчная" структура технологического оборудования.

$$< O_{ij} - O_{2j} - \dots - O_{ij} - O_{nj} >,$$

где O_{ij} – представитель i -го вида обработки для j -го продукта.

В целом производственную систему, организованную по принципу предметной специализации структурных единиц, можно представить в виде таблицы (матрицы), в которой в виде столбцов представлены структурные подразделения и, соответственно, выпускаемая ими продукция, а в виде строк – входящие в состав структурного подразделения производства (табл. 5.4.1).

Недостатки предметно-специализированных производственных систем. Предметная специализация была и остается весьма эффективной при массовом производстве изделий стабильной номенклатуры. В современных условиях преимущественно мелкосерийного производства быстро сменяющейся номенклатуры изделий проявляются органические недостатки предметно-специализированных производств. Это особенно ярко проявляется в процессе перехода предприятий к производству новой продукции. Можно выявить следующие основные проблемы.

5.4.1. Производственная структура предметно-специализированного предприятия

Структурные подразделения	1	2	3	4	5		N
Выпускаемая продукция	1 ↓	2 ↓	3 ↓	4 ↓	5 ↓	...	n ↓
Производства:							
литейное	+	—	+	—	—		+
горячая штамповка	+	+	—	+	—		+
холодная штамповка	—	+	—	—	—		+
обработка резанием	+	+	+	+	+		+
термообработка	+	+	+	+	—		+
сборка	+	+	+	—	+		+
сварка	+	—	—	+	—		+
Покрытия	+	—	+	—	+		+
	—	—	—	—	—		—
Контроль и испытания	+	+	+	+	—		+

1. *Низкая загрузка оборудования и производственных площадей.* Традиционных заказов, под которые создавались и оснащались структурные подразделения производственной системы, нет, а новые заказы требуют другого состава оборудования. В результате часть имеющегося оборудования и площадей остаются незагруженными. Обеспечить загрузку этого оборудования в условиях предметной специализации невозможно, так как выпуск какого-либо другого заказа потребует использования и другого, занятого в настоящий момент оборудования. Таким образом, какую бы продукцию не выпускало структурное подразделение, кроме той, для которой оно создавалось, всегда какая-то часть оборудования не используется.

2. *Низкая гибкость производства.* Переход структурного подразделения к выпуску новой для него продукции сопряжен со значительными материальными и временными затратами. Это требует, даже при имеющемся необходимом оборудовании, разработки и изготовления новой технологической оснастки (приспособлений, инструментов и др.), разработки и внедрения новых технологических процессов, отработки технологических режимов обработки, схем и методов контроля. Жестко привязанные к продукции структурные подразделения в принципе не могут быстро перестраиваться на выпуск новой продукции.

3. *Низкая производительность труда.* Для предметной специализации характерно разнообразие используемых технологических методов и операций в каждом структурном подразделении. Однако объем работ, производимых с использованием того или иного метода, невелик и не позволяет полностью загрузить высокоэффективное автоматическое и автоматизированное оборудование. Поэтому использование высокопроизводительного оборудования становится не эффективным ввиду его малой загрузки.

4. *Низкое качество продукции.* При переходе предметно-ориентированного структурного подразделения к выпуску новой продукции на качестве продукции отрицательно сказывается отсутствие опыта в реализации новых технологических методов и процессов, а также несоответствие имеющегося оборудования решаемым задачам. Таким образом, недостаточно отработанные и проверенные технологические и производственные решения, попытки вместо требуемого оборудования использовать имеющееся, снижают качество выпускаемой продукции.

5. *Высокие издержки производства.* Распределение однотипного технологического оборудования по структурным подразделениям требует наличия в каждом подразделении специалистов по его эксплуатации и обслуживанию. В каждом подразделении необходимы

структурное подразделение выполняет только определенный вид работ, оснащено только оборудованием для выполнения этого вида работ (за исключением вспомогательного оборудования), развивается в направлении совершенствования (повышения качества и производительности, расширения технологических возможностей) только этого вида работ.

Технологически специализированное структурное подразделение участвует в создании продукции совместно с другими технологически специализированными подразделениями или работает по заказам сторонних организаций. При создании конкретной продукции можно объединить в производственную цепочку на период выпуска продукции несколько технологически специализированных структурных подразделений (предприятий), набор технологических возможностей которых определяется в соответствии с задачами, решаемыми при создании продукции. При переходе к выпуску новой продукции можно создать другой набор технологически специализированных структурных подразделений (предприятий). Набор задействованных технологически специализированных подразделений (производственная цепочка) не обязательно должен абсолютно совпадать с полным списком имеющихся структурных подразделений. Временный простой какого-либо подразделения используется для выполнения работ по сторонним заказам, а также для проведения плановых ремонтов, переоснащения производства, проведения опытно-технологических работ, коллективных отпусков и т.д. Отсутствие структурного подразделения с необходимой технологической специализацией компенсируется привлечением сторонних предприятий. Объединение технологически специализированных структурных подразделений (предприятий) может быть произведено под единым административно-хозяйственным руководством или в виде более мягкой организационной структуры на основе системы субконтрактинга.

Технологическая специализация производства требует соответствующего изменения состава структур управления и содержания их функций.

В технологически специализированном производстве можно выделить следующие основные задачи управления:

- формирование оптимальных производственных цепочек для выпуска продукции;

- организация оптимальной загрузки технологически специализированных структурных подразделений;

- контроль прохождения заказа по структурным подразделениям;

- обеспечение единого информационного пространства;

- разработка тактики развития производства;

- разработка стратегии развития производства.

Формирование производственных цепочек для выпуска продукции производится на основе технологического, производственного и финансового анализа из собственных и сторонних технологически специализированных структур.

Организация загрузки технологически специализированных структурных подразделений имеет целью наиболее полное использование собственных производственных возможностей, а также выявление свободных ресурсов для выполнения работ для внешних заказчиков.

Контроль прохождения заказа по структурным подразделениям должен обеспечивать своевременное выполнение заказов, а также передачу информации о технологических и производственных проблемах, требующих корректировки состава производственной цепочки.

Единое информационное пространство должно обеспечивать все структурные подразделения единым массивом конструкторско-технологических данных, а также информацией о текущем состоянии производства.

К группе тактических вопросов относятся задачи развития производства отдельных технологически специализированных подразделений: приобретение нового оборудования и оснастки; внедрение новых технологических методов и процессов; подготовка кадров и др.

К группе стратегических вопросов относятся задачи развития производства в целом: создание и развитие новых технологических направлений (структурных подразделений); ликвидация или переориентация существующих технологических направлений и др.

Преимущества технологически-специализированной производственной системы. *Эффективная загрузка оборудования и производственных площадей.* Концентрация однотипных технологических действий в одном структур-

ном подразделении позволяет более полно использовать возможности имеющегося оборудования. При неизменном объеме выпуска продукции это сокращает потребность в количестве оборудования и производственных площадей. При увеличении выпуска – позволит обеспечить большую загрузку оборудования.

Высокая гибкость производства. Производственное объединение с технологически специализированными структурными подразделениями представляет собой функционально гибкую структуру. Для выпуска новой продукции следует только сформировать новый набор необходимых подразделений (производственную цепочку). Структурные подразделения, обладая мощным технологическим потенциалом, способны мгновенно (или в короткий срок) обеспечить выполнение необходимых работ соответствующего технологического направления.

Высокая производительность труда. Специализированное структурное подразделение выполняет технологически однотипные повторяющиеся работы, то есть при производстве разной продукции выполняется одно и то же технологическое действие. Благодаря этому, даже при малых объемах выпуска разной продукции, для технологически специализированного подразделения условная серийность будет весьма велика, а для рабочих мест характерен высокий коэффициент закрепления операций. В результате становится технологически и экономически оправданным применение высокоэффективного автоматического и автоматизированного оборудования.

Высокое качество продукции. Специализируясь в одном технологическом направлении, структурное подразделение накапливает опыт решения соответствующих разнообразных, в том числе сложных, производственно-технологических задач. Концентрация работ делает технологически и экономически оправданным применение высокоточного оборудования и оснастки. Выделение в самостоятельные направления (специализации) конструкторских и технологических служб позволит обеспечить более тщательную, целенаправленную отработку конструкции выпускаемой продукции с точки зрения прочности, надежности, долговечности, технологичности, экономичности, применения наиболее целесообразных материалов. Проведение работ по унификации производимых деталей и узлов и сокращению их типоразмеров приведет к повы-

шению серийности и организационно-технического уровня производства.

Уменьшение издержек производства. Концентрация однотипного технологического оборудования в структурных подразделениях позволяет существенно сократить затраты на его эксплуатацию и обслуживание. Наличие единых конструкторско-технологических служб исключает дублирование при разработке технологических процессов и проектировании оснастки.

Высокая мобильность производства. Любая технологическая, конструкторская и производственная информация в определенной технологической области сразу же становится доступной для всех специалистов этой области, сконцентрированных в технологически специализированном структурном подразделении. В рамках структурного подразделения обеспечивается мобильность (взаимозаменяемость) производственными кадрами, оборудованием, площадями и прочими ресурсами.

Описание производственных систем. Описание технологически специализированных и предметно-специализированных производственных систем требует нового подхода к структуризации производственных процессов, основанного на анализе действий, совершаемых в процессе производства продукции.

Для изготовления изделия необходимо выполнить определенные действия, которые направлены как на предметы труда, так и на средства производства.

Несмотря на кажущееся многообразие, все действия, совершаемые в процессе производства, можно отнести в одну из четырех базовых категорий: получение, хранение, перемещение и преобразование.

Так, например, в категорию "**Получение**" можно отнести действия по приобретению комплектующих изделий, инструментов, приспособлений, других средств технологического оснащения; действия по установке инструмента на станке и заготовки в приспособлении (станок "получает" инструмент, а приспособление "получает" заготовку); действия по размещению заготовок, инструментов на соответствующих складах.

В категорию "**Хранение**" можно отнести как собственно хранение чего-либо где-либо, так и просто более и менее постоянное расположение чего-либо где-либо. Например, в цехе размещено оборудование, следовательно, цех хранит оборудование, а оборудование, в свою

очередь, хранит приспособления, инструмент и заготовки.

В категорию "**Перемещение**" следует отнести все целенаправленные перемещения, производимые всеми предметами и средствами труда.

Наконец, в категорию "**Преобразование**" можно отнести все целенаправленные изменения свойств предметов труда и изменения свойств средств труда, связанные с производством.

Все действия, выполняемые в процессе производства, структурируются не только содержательно, но и иерархически. Принятая иерархия действий "Производственный процесс – технологический процесс – операция – переход – рабочий ход" требует некоторого уточнения. Под понятием "технологический процесс" следует понимать любую часть производственного процесса, содержащую связанные между собой целенаправленные действия по изготовлению изделия. Аналогично, "операция" – любое целенаправленное действие по изготовлению изделия в рамках технологического процесса, "переход" – любое целенаправленное действие по изготовлению изделия в рамках операции, а "рабочий ход" – любое целенаправленное действие по изготовлению изделия в рамках перехода.

Действия, необходимые для производства изделий, выполняются соответствующими системами и элементами. Иерархия производственных систем "Предприятие – цех – участок – рабочее место – технологическая система" в целом отвечает задачам формального описания производственных систем, однако, относится большей частью только непосредственно к преобразующим элементам. В связи с этим требуется четкая структуризация прочих элементов и более строгое смысловое наполнение существующих уже понятий.

Для реализации производственного процесса необходима производственная система (производственный комплекс). В общем случае производственный комплекс может представлять собой предприятие, производственное объединение или "виртуальное предприятие", объединяющее на время изготовления конкретного изделия несколько самостоятельных предприятий. Для реализации технологического процесса необходима технологическая система (технологический комплекс). Это может быть цех или участок цеха предприятия. Для выполнения операции требуется операци-

онная система (операционный комплекс). К операционным комплексам относятся рабочее место, автоматическая линия и т.п. Для выполнения перехода требуется рабочая система (рабочий комплекс). Примером операционного комплекса является металлорежущий станок со средствами технологического оснащения, сборочный стенд, печь для термообработки. Для выполнения рабочего хода необходим элементарный рабочий элемент. Это может быть инструмент металлорежущего станка, валок прокатного стана, сборочный инструмент.

Структура производственной системы на любом уровне определяется совокупностью элементов, необходимых для выполнения всех действий, требуемых для изготовления изделия. Таким образом, производственная система, в общем случае, должна включать в себя системы, выполняющие указанные действия (модули действий).

Таким образом, любую производственную структуру, независимо от иерархического уровня, можно описать выражением:

$$Z = \sum_{i=0}^n R_i + \sum_{i=0}^m S_i + \sum_{i=0}^p T_i + \sum_{i=0}^q C_i, \quad (5.4.1)$$

где R_i – система, реализующая действие получения (модуль получения); S_i – система, реализующая действие хранения (модуль хранения); T_i – система, реализующая действие перемещения (модуль перемещения); C_i – система, реализующая действие преобразования (модуль преобразования).

Производственная система может и не выполнять все типы действий. Соответственно, в ней будут отсутствовать и элементы, необходимые для выполнения таких действий. Кроме того, в производственных системах могут быть элементы, выполняющие несколько типов действий одновременно (например, роторные машины, выполняющие одновременно хранение, перемещение и преобразование).

На уровне производственного комплекса действия получения, хранения, перемещения и преобразования выполняются принимающим, складским, транспортным и преобразующим комплексами соответственно. Каждый из этих комплексов в соответствии с принятой иерархией, в свою очередь, является технологическим комплексом и на каждом из них реализуется соответствующий технологический процесс. Таким образом, можно выделить прини-

мающий технологический комплекс, складской технологический комплекс, транспортный технологический комплекс, преобразующий технологический комплекс. В общем случае количество необходимых технологических комплексов разного вида (принимающих, складских, транспортных и преобразующих) может быть любым и зависит от особенностей реализуемого производственного процесса. Принимающие технологические комплексы на предприятии представлены системой служб материально-технического снабжения и обеспечения. Складские технологические комплексы на предприятии представлены системой складов для хранения материалов, заготовок, полуфабрикатов, инструмента, оборудования и т.д. Транспортный технологический комплекс на предприятии представлен транспортным цехом или другой службой, обеспечивающей транспортировку по территории предприятия материалов, заготовок, инструментов и других предметов и средств труда. Преобразующие технологические комплексы на предприятии представлены цехами основного производства: заготовительными, механообрабатывающими, термическими, сборочными. Производственный комплекс в общем виде можно описать выражением (5.4.1).

На уровне преобразующего технологического комплекса действия по получению выполняет цеховая система снабжения, действия по хранению выполняет цеховая складская система (например, цеховой склад заготовок, склад инструмента, склад приспособлений и др.), действия по перемещению – транспортная система (например, система цехового транспорта заготовок, инструментов на рабочие места), действия по преобразованию – преобразующая система (например, рабочее место или автоматическая линия). Каждая из этих систем в соответствии с принятой иерархией в свою очередь является операционной системой, т.е. можно выделить получающую операционную систему, складскую операционную систему, транспортную операционную систему, преобразующую операционную систему, и на каждой из них реализуется соответствующая операция. Количество необходимых операционных систем разного вида (получающих, складских, транспортных и преобразующих) может быть любым и зависит от особенностей реализуемого технологического процесса.

Аналогично можно структурировать принимающий, складской и транспортный

технологический комплексы. В них также выполняются действия по получению, хранению, перемещению и преобразованию, а, следовательно, имеются и соответствующие элементы. Например, в складском технологическом комплексе, предназначенном для хранения инструментов, действия по получению выполняет соответствующая служба, действия по хранению выполняет собственно склад, действия по перемещению – складские транспортные системы, действия по преобразованию – инструментальный цех.

Таким образом, принимающий, складской транспортный и технологический комплексы можно описать комплексом выражений:

$$\left\{ \begin{aligned} R_i &= \sum_{j=0}^n R_j^{R_i} + \sum_{j=0}^m T_j^{R_i} + \sum_{j=0}^p T_j^{R_i} + \sum_{j=0}^q C_j^{R_i}; \\ T_i &= \sum_{j=0}^n R_j^{T_i} + \sum_{j=0}^m S_j^{T_i} + \sum_{j=0}^p T_j^{T_i} + \sum_{j=0}^q C_j^{T_i}; \\ S_i &= \sum_{j=0}^n R_j^{S_i} + \sum_{j=0}^m S_j^{S_i} + \sum_{j=0}^p T_j^{S_i} + \sum_{j=0}^q C_j^{S_i}; \\ C_i &= \sum_{j=0}^n R_j^{C_i} + \sum_{j=0}^m S_j^{C_i} + \sum_{j=0}^p T_j^{C_i} + \sum_{j=0}^q C_j^{C_i}. \end{aligned} \right. \quad (5.4.2)$$

На уровне преобразующей операционной системы действия по получению выполняет система получения заготовок, инструментов, приспособлений и др. Это может быть автоматическая или полуавтоматическая система приема заготовок и технологической оснастки, а может быть и оператор (рабочий), получающий названные предметы и средства труда. Действия по хранению выполняет складская система рабочего места. Это может быть операционный накопитель заготовок (площадка для хранения заготовок, ящик с заготовками, специальный бункер для хранения заготовок), стеллаж, шкаф или специальная система для хранения инструментов и приспособлений на рабочем месте. Действия по перемещению в операционной преобразующей системе выполняют загрузочные системы. Это может быть автоматическая или полуавтоматическая система загрузки оборудования, а может быть и просто оператор (рабочий), производящий установку заготовок, инструментов и приспособлений. Действия по преобразованию в опе-

рационной преобразующей системе выполняет технологическое оборудование с необходимой технологической оснасткой (станок с приспособлениями и инструментом, кузнечно-прессовое оборудование со штамповой оснасткой, печь с системой загрузки-выгрузки заготовок и т.д.). При ручном выполнении операции действия по преобразованию предметов труда выполняет рабочий. При этом он использует верстаки, инструменты и другие средства технологического оснащения. Каждый из перечисленных элементов в соответствии с принятой иерархией, в свою очередь, является рабочей системой, т.е. можно выделить принимающую рабочую систему, складскую рабочую систему, транспортную рабочую систему, преобразующую рабочую систему и на каждой из них реализуется соответствующий переход. Количество необходимых рабочих систем разного вида (принимающих, складских, транспортных и преобразующих) может быть любым и зависит от особенностей реализуемой операции.

Аналогично можно структурировать принимающие, складские и транспортные операционные системы. В них также выполняются действия по получению, хранению, перемещению и преобразованию, а следовательно, имеются и соответствующие элементы. Например, в транспортной операционной системе – цеховой транспортной системе заготовок, действия по получению выполняет оборудование или рабочие, загружающие заготовки в контейнеры или другую тару, действия по хранению выполняют контейнеры и другая тара для заготовок, действия по перемещению – конвейеры, цеховое подъемно-транспортное оборудование или просто рабочие, перемещающие заготовки к рабочему месту. Действия по преобразованию в цеховой транспортной системе направлены на подготовку тары или захватных устройств для транспортировки заготовок и будут выполняться соответствующими службами.

На уровне преобразующей рабочей системы действия по получению выполняют складские элементы. Получение заготовок (установку заготовок) осуществляют загрузочные системы или оператор (рабочий). Действия по хранению выполняют складские элементы. Хранение заготовок при обработке на металлорежущих станках осуществляют станочные приспособления (патроны, тиски, оправки, специальные приспособления и т.д.), в кузнечно-прессовом производстве – нижняя часть штампа, нижний боек, в термическом производстве – приспособления для размеще-

ния заготовок в печи. Хранение инструмента осуществляют в механообрабатывающем производстве инструментальные приспособления (оправки для фрез, резцедержки и др.), в кузнечно-прессовом производстве – штамподержатель и т.д.

Действия по перемещению в преобразующей рабочей системе выполняют транспортные элементы, в роли которых чаще всего выступает технологическое оборудование. Станок перемещает заготовку или инструмент, ковочный молот перемещает верхний боек, прокатный стан перемещает заготовку и т.д. В отдельных случаях действия по перемещению выполняет рабочий. Например, при шабрении рабочий перемещает инструмент (шабер), а при свободной ковке – обрабатываемую заготовку.

Действия по преобразованию в преобразующей рабочей системе выполняет преобразующий элемент. Это могут быть металлорежущие инструменты в механообрабатывающем и сборочном производстве, штампы, пуансоны и матрицы в обработке давлением, собственно печь в термической обработке и т.д.

Каждый из перечисленных элементов в соответствии с принятой иерархией является элементарным рабочим элементом. Количество необходимых элементарных рабочих элементов разного вида (складских, транспортных и преобразующих) может быть любым и зависит от особенностей реализуемого перехода.

Аналогично можно структурировать принимающие, складские и транспортные рабочие системы. В них также выполняются действия по получению, хранению, перемещению и преобразованию, а следовательно, имеются и соответствующие элементы. Например, в загрузочной системе действия по хранению осуществляют соответствующие захватные устройства для заготовок и инструмента, действия по перемещению – соответствующие механизмы перемещения, действия по преобразованию – различные ориентирующие устройства и механизмы.

Глубина декомпозиции производственной системы определяется характером решаемых задач. Самый низкий уровень составляют модули, по содержанию своему тождественные простейшему элементу, выполняющему соответствующее действие (рис. 5.4.1)

$$R = r, S = s, T = t, C = c,$$

где r, s, t, c – простейшие элементы, выполняющие действия получения, хранения, перемещения и преобразования соответственно.

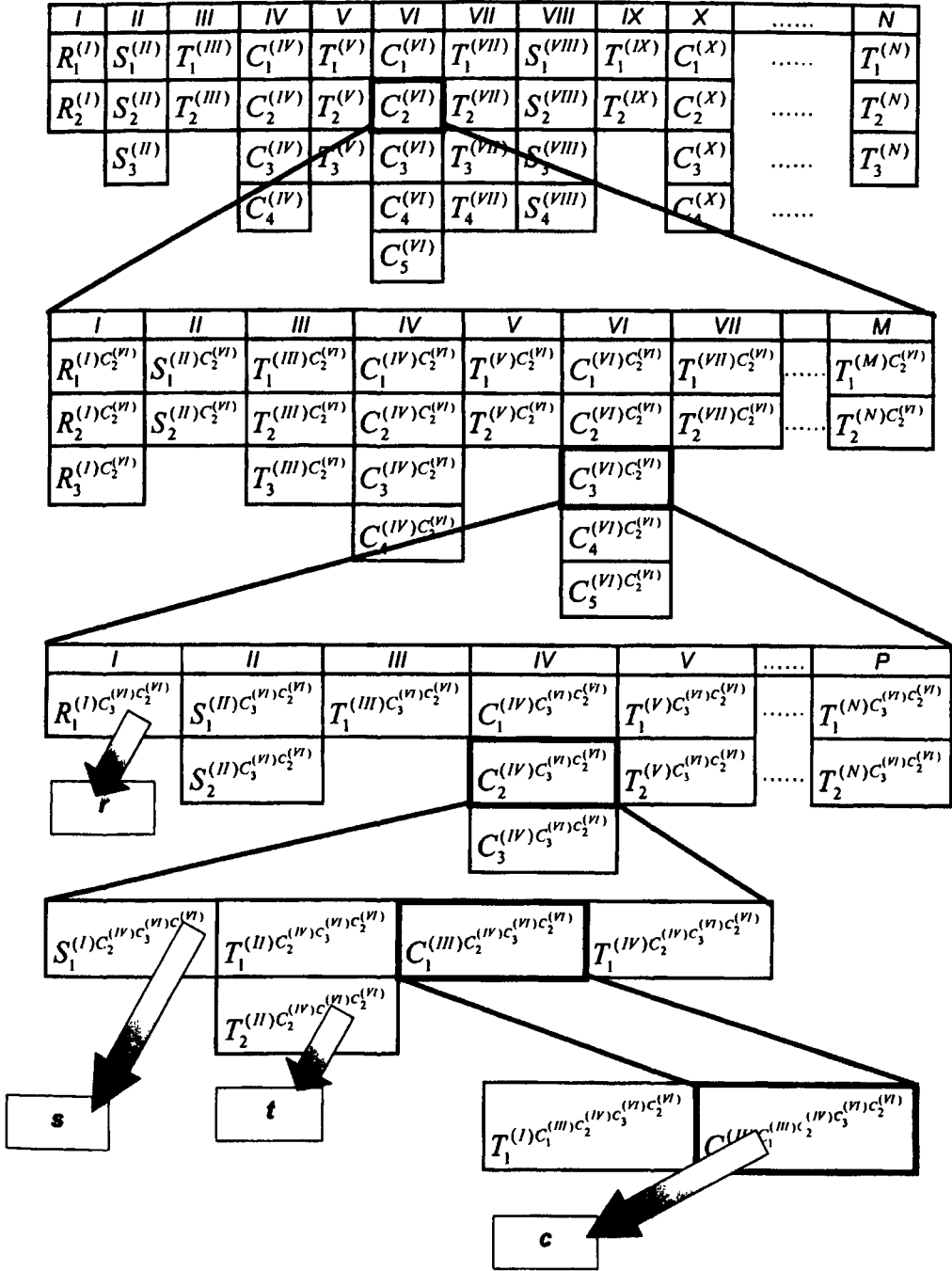


Рис. 5.4.1. Схема декомпозиции производственной системы

Определение состава технологически-специализированной производственной системы. Вид специализации производственной системы не влияет непосредственно на ее состав, но отражается на характере модулей, в первую очередь на характере преобразующих модулей. Например, на уровне цеха могут быть организованы предметные производственные участки (валов, корпусных деталей, рычагов, зубчатых колес и др.) или технологические производственные участки (токарные, фрезерные, шлифовальные и др.). Некоторую специфику могут иметь и модули хранения. Они могут быть предметно-ориентированы или инвариантны предмету производства. Модули получения и транспортные модули, как правило, менее зависимы от вида специализации производственной системы и часто носят универсальный характер.

Количество потребных модулей каждого действия определяется трудоемкостью работ и производственными возможностями используемых модулей. Приблизительно потребное количество модулей определенного действия можно определить из выражения:

$$N_i = k_i \left(\sum O_i / P_i \right), \quad (5.4.3)$$

где $\sum O_i$ – суммарная трудоемкость действий i -го типа (i – получение, хранение, перемещение, преобразование); P_i – средняя производственная мощность модулей i -го типа; k_i – коэффициент запаса ($k > 1$).

Некоторую специфику имеет определение потребного количества преобразующих модулей. Это количество зависит в значительной степени не собственно от трудоемкости, а от объема выпуска, особенностей изготавливаемого изделия и вида специализации производственной системы. Под особенностями изделия понимается его технологическая и конструктивная сложность.

Потребное количество преобразующих модулей в ТСП определяется технологической сложностью изделия: чем выше разнообразие применяемых в производстве изделия технологических методов, тем требуется большее количество разных преобразующих модулей. Увеличение объема выпуска продукции также приводит к увеличению числа преобразующих модулей. Количество потребных преобразующих модулей в ТСП определяется выражением:

$$N_C^{\text{ТСР}} = k_C^{\text{ТСР}} n_{\text{т.м}}, \quad (5.4.4)$$

где $n_{\text{т.м}}$ – число используемых технологических методов; $k_C^{\text{ТСР}}$ – коэффициент, учитывающий объем выпуска.

При этом, безусловно, должно соблюдаться условие:

$$N_C^{\text{ТСР}} \bar{P}_C^{\text{ТСР}} > \sum O_C, \quad (5.4.5)$$

где $\bar{P}_C^{\text{ТСР}}$ – средняя производственная мощность модулей преобразования; $\sum O_C$ – суммарная трудоемкость действий по преобразованию.

Требуемое количество преобразующих модулей в ПСП определяется конструктивной сложностью изделия: чем выше разнообразие изготавливаемых деталей и сборочных единиц, тем требуется большее количество разных преобразующих модулей. Увеличение объема выпуска продукции также приводит к увеличению числа преобразующих модулей. Количество потребных преобразующих модулей в ПСП определяется выражением:

$$N_C^{\text{ПСП}} = k_C^{\text{ПСП}} n_{\text{н.и}}, \quad (5.4.6)$$

где $n_{\text{н.и}}$ – число наименований изготавливаемых деталей и сборочных единиц; $k_C^{\text{ПСП}}$ – коэффициент, учитывающий объем выпуска.

При этом также должно соблюдаться условие:

$$N_C^{\text{ПСП}} \bar{P}_C^{\text{ПСП}} > \sum O_C, \quad (5.4.7)$$

где $\bar{P}_C^{\text{ПСП}}$ – средняя производственная мощность модулей преобразования.

В то же время технологическая сложность изделия не влияет на количество преобразующих модулей в ПСП. И, аналогично, конструкторская сложность изделия не влияет на количество преобразующих модулей в ТСП.

Анализ затрат на производство. Затраты на производство в любой производственной системе будут складываться из затрат на выполнение необходимых действий соответствующими модулями, а также затрат на организацию производственной системы:

$$E = E_R + E_S + E_T + E_C + E_Z, \quad (5.4.8)$$

где E_R – затраты на получение; E_S – затраты на хранение; E_T – транспортные затраты; E_C –

затраты на преобразование; E_Z – затраты на организацию и поддержание работоспособности производственной системы.

При этом затраты на выполнение i -го типа действий (i – получение, хранение, перемещение, преобразование) можно определить из выражения:

$$E_i = \left(\sum O_i \right) P_i, \quad (5.4.9)$$

где $\sum O_i$ – суммарная трудоемкость действий i -го типа; P_i – стоимость нормо-часа действий i -го типа.

Затраты на организацию и поддержание работоспособности производственной системы можно определить из выражения:

$$E_Z = \sum N_i E_{i1} + \sum \left(\sum O_{Z_i} \right) P_{Z_i}, \quad (5.4.10)$$

где N_i – число модулей действия i -го типа (i – получение, хранение, перемещение, преобразование); E_{i1} – стоимость создания одного модуля действия i -го типа; $\sum O_{Z_i}$ – суммарная трудоемкость действий по обслуживанию модулей действия i -го типа; P_{Z_i} – стоимость нормо-часа действий по обслуживанию модулей действия i -го типа.

Такая структура затрат характерна для любого вида специализации производственных систем. Однако, величины составляющих, как и суммарная величина затрат, будут различными.

5.4.2. ВЫБОР ВИДА СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Устойчивое производство. Количество получаемых предметов и средств труда в ПСП и ТСП одинаково. Действия по получению в ПСП и ТСП носят одинаковый характер, соответственно, примерно равна и трудоемкость действий по получению. Действия по получению в ПСП и ТСП обычно выполняются одинаковыми модулями, соответственно, примерно равной будет и стоимость нормо-часа действий. Таким образом, в соответствии с выражением (5.4.9), затраты будут примерно равны¹: $E_R^{\text{ПСП}} \approx E_R^{\text{ТСП}}$.

Действия по хранению в ПСП и ТСП носят одинаковый характер. Количество хранимых предметов и средств труда в ПСП обычно меньше, чем в ТСП, соответственно, в ПСП несколько меньше и трудоемкость действий по хранению. С другой стороны, модули хранения в ТСП имеют более универсальный характер, чем в ПСП, соответственно, стоимость нормо-часа действий по получению в ТСП ниже, чем в ПСП. Таким образом, с достаточной точностью можно считать, в соответствии с выражением (5.4.9.), что затраты на хранение в ПСП и ТСП будут примерно равны: $E_S^{\text{ПСП}} \approx E_S^{\text{ТСП}}$.

Действия по перемещению в ПСП и ТСП носят одинаковый характер. Но количество перемещаемых предметов труда в ТСП всегда больше, чем в ПСП, соответственно, трудоемкость действий по перемещению в ТСП будет выше. Стоимость нормо-часа действий по перемещению в ТСП и ПСП примерно одинакова. Таким образом, в соответствии с выражением (5.4.9) $E_S^{\text{ПСП}} < E_S^{\text{ТСП}}$.

Действия по преобразованию в ПСП и ТСП носят одинаковый характер, хотя и выполняются модулями различного типа. Может отличаться и число таких модулей. Но стоимость нормо-часа действий по преобразованию в ТСП и ПСП примерно одинакова. Следовательно, в рассматриваемом случае при равном объеме выпуска изделий одинаковой номенклатуры, затраты на преобразование в ПСП и ТСП будут примерно равны: $E_C^{\text{ПСП}} \approx E_C^{\text{ТСП}}$.

Затраты на организацию и поддержание работоспособности производственной системы зависят как от количества модулей действий, так и от трудоемкости и себестоимости действий по их обслуживанию. Приняв равной себестоимость работ по обслуживанию модулей действия в ТСП и ПСП, можно установить, что в конечном итоге затраты будут пропорциональны только количеству модулей преобразования. В зависимости от технологической и конструкторской сложности изготавливаемого изделия в соответствии с выражениями (5.4.3) – (5.4.7), соотношение затрат на преобразование в ТСП и ПСП можно описать матрицей (табл. 5.4.3).

Таким образом, при равном объеме выпуска продукции стабильной номенклатуры эффективность той или иной специализации производственной системы будет определяться соотношением затрат $(E_S^{\text{ТСП}} + E_C^{\text{ПСП}})$ и

¹ Здесь и далее верхние индексы ПСП и ТСП означают принадлежность к предметно-специализированному производству и технологически специализированному производству соответственно.

5.4.3. Матрица соотношения затрат на организацию и поддержание работоспособности производственной системы

Технологическая сложность	Конструктивная сложность		
	Низкая	Средняя	Высокая
Высокая	$E_C^{\text{ПСП}} \ll E_C^{\text{ТСП}}$	$E_C^{\text{ПСП}} < E_C^{\text{ТСП}}$	$E_C^{\text{ПСП}} \approx E_C^{\text{ТСП}}$
Средняя	$E_C^{\text{ПСП}} < E_C^{\text{ТСП}}$	$E_C^{\text{ПСП}} \approx E_C^{\text{ТСП}}$	$E_C^{\text{ПСП}} > E_C^{\text{ТСП}}$
Низкая	$E_C^{\text{ПСП}} \approx E_C^{\text{ТСП}}$	$E_C^{\text{ПСП}} > E_C^{\text{ТСП}}$	$E_C^{\text{ПСП}} \gg E_C^{\text{ТСП}}$

5.4.4. Матрица предпочтительности вида специализации производственной системы

Технологическая сложность	Конструктивная сложность		
	Низкая	Средняя	Высокая
Высокая	1 ПСП	4 ПСП	7 ПСП
Средняя	2 ПСП	5 ПСП	8 ТСП $\approx$ ПСП
Низкая	3 ПСП	6 ТСП $\approx$ ПСП	9 ТСП

$$(E_S^{\text{ПСП}} + E_C^{\text{ПСП}}).$$

С учетом примерного равенства затрат на получение и хранение в ТСП и ПСП, а также величины долей транспортных затрат и затрат на преобразование в общих затратах на производство, можно представить матрицу предпочтительности вида специализации производственной системы (табл. 5.4.4).

В большинстве случаев устойчивого одномономенклатурного производства предпочтительней оказывается предметная специализация производства. Исключение составляет производство изделий, обладающих высокой конструктивной и средней технологической сложностью или средней конструктивной и низкой технологической сложностью (случаи 6 и 8 табл. 5.4.4), когда с одинаковым успехом можно применять и предметную и технологическую специализацию. Но и в этом случае, в технологически специализированной производственной системе могут быть сформированы предметно-специализированные подсистемы. В производстве изделий, обладающих высокой конструктивной и низкой технологи-

ческой сложностью, т.е. изделий, состоящих из большого количества разнообразных деталей и сборочных единиц, при производстве которых используется малое разнообразие технологических методов (случай 9 табл. 5.4.4) следует рекомендовать использование технологически специализированной производственной системы.

Величина производственных затрат в единицу времени (удельные затраты) как в ПСП, так и в ТСП будет неизменной, а суммарные затраты во времени (нарастающий итог) будут равномерно возрастать (рис. 5.4.2).

Изменяющееся производство. Изменяющийся объем выпуска. Увеличение объема выпуска продукции стабильной номенклатуры приведет к увеличению объема действий каждого типа, уменьшению стоимости нормо-часа действий, однако не приведет к изменению характера действий как в ПСП, так и ТСП. Затраты на выполнение действий по получению, хранению, перемещению и преобразованию и в ПСП, и в ТСП будут увеличиваться в степенной зависимости:

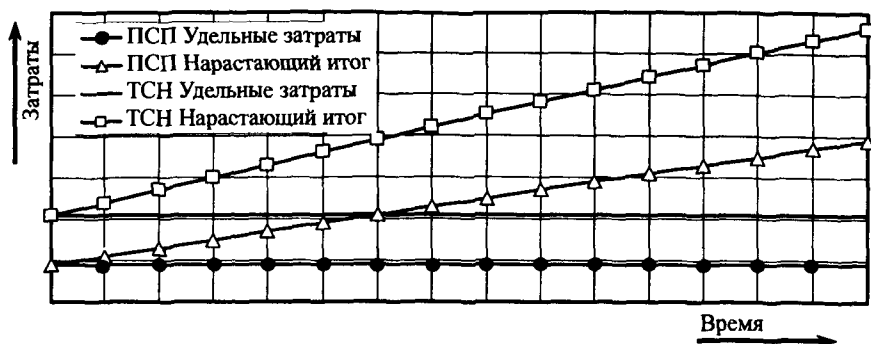


Рис. 5.4.2. Изменение затрат во времени при устойчивом производстве

$$E_{iW} = E_{in} (W / k_{iW})^{k_i}, \quad (5.4.11)$$

где E_{iW} — затраты на выполнение i -го типа действий (i — получение, хранение, перемещение, преобразование) при увеличении объема производства продукции в W раз; E_{in} — начальные затраты на выполнение i -го типа действий; E_{iW} — коэффициент, учитывающий объем выпуска; $k_i < 1$ — показатель степени, учитывающий тип действий.

Увеличение объема выпуска приведет к увеличению потребного количества модулей действий, т.е. к созданию новых модулей, причем это увеличение будет наблюдаться как в ПСП, так и в ТСН. Увеличатся также затраты и на обслуживание модулей действия. Количество потребных модулей связано с объемом выпуска продукции пропорциональной зависимостью. Затраты на организацию и поддержание работоспособности производственной системы будут увеличиваться в пропорциональной зависимости:

$$E_{ZW} = k_{ZW} E_{Zn} W, \quad (5.4.12)$$

где E_{ZW} — затраты на организацию и поддержание работоспособности производственной системы при увеличении объема производства продукции в W раз; E_{Zn} — начальные затраты; k_{ZW} — коэффициент, учитывающий объем выпуска.

Таким образом, суммарные затраты на производство с увеличением объема выпуска продукции будут увеличиваться как в ПСП, так и в ТСН, причем примерно одинаковыми темпами. Следовательно, характер матрицы предпочтительности вида специализации производственной системы (см. табл. 5.4.4) не изменится,

и если затраты в ТСН были больше затрат в ПСП (случаи 1 – 5, 7 табл. 5.4.4), то такое же соотношение останется и при увеличении объема выпуска. Если же затраты в ТСН были примерно равны затратам в ПСП (случаи 6, 8 табл. 5.4.4) или меньше затрат в ПСП (случай 9 табл. 5.4.4), то это соотношение сохранится и при увеличении объема выпуска.

Аналогичная картина будет наблюдаться и при уменьшении объема выпуска продукции стабильной номенклатуры. Это приведет к уменьшению объема действий каждого типа, увеличению стоимости нормо-часа действий, однако не приведет к изменению характера действий как в ПСП, так и ТСН. Затраты на выполнение действий по получению, хранению, перемещению и преобразованию и в ПСП, и в ТСН будут уменьшаться в степенной зависимости:

$$E_{iU} = E_{in} + (U / k_{iU})^{k_i}, \quad (5.4.13)$$

где E_{iU} — затраты на выполнение i -го типа действий (получение, хранение, перемещение, преобразование) при уменьшении объема производства продукции в U раз; E_{in} — начальные затраты на выполнение i -го типа действий; k_{iU} — коэффициент, учитывающий объем выпуска; $k_i > 1$ — показатель степени, учитывающий тип действий.

Уменьшение объема выпуска приведет к уменьшению потребного количества модулей действий. Однако сокращения количества модулей действий при этом не произойдет. Практически не уменьшатся и затраты на поддержание работоспособности производственной системы. С достаточной точностью можно считать:

$$E_{ZU} \approx E_{Zn}, \quad (5.4.14)$$

где E_{ZU} – затраты на организацию и поддержание работоспособности производственной системы при уменьшении объема производства продукции в U раз; E_{Zn} – начальные затраты.

Суммарные затраты на производство с уменьшением объема выпуска продукции будут уменьшаться как в ПСП, так и в ТСП, причем примерно одинаковыми темпами.

Однако в рассматриваемом случае необходимо учитывать еще один фактор. При снижении производства продукции в ТСП высвобождаемые модули преобразования, ориентированные на реализацию технологических процессов определенного технологического передела или метода, могут быть дозагружены сторонними заказами на выполнение работ в рамках этого передела (метода). В ПСП модули преобразования, ориентированные на изготовление определенных деталей и сборочных единиц, не обладают такой гибкостью и, как правило, остаются незагруженными.

Величина производственных затрат в единицу времени (удельные затраты) как в ПСП, так и в ТСП будет изменяться в некоторых пределах, а суммарные затраты во времени (нарастающий итог) будут более или менее равномерно возрастать (рис. 5.4.3).

Таким образом, в производстве с изменяющимся объемом выпуска продукции, как правило, предпочтительней оказывается предметная специализация и соответственно предметно-специализированная организация производственной системы.

Изменяющаяся номенклатура продукции. При изменении номенклатуры выпускаемой продукции ситуация складывается иначе. Если объем выпуска продукции не изменяется, то и объем действий каждого типа

действий практически не изменится. Стоимость нормо-часа действий также останется неизменной. Затраты на выполнение действий по получению, хранению, перемещению и преобразованию останутся неизменными:

$$E_{iN} \approx E_{iM}, \quad (5.4.15)$$

где E_{iN} – затраты на выполнение i -го типа действий (i – получение, хранение, перемещение, преобразование) при производстве изделий номенклатуры N ; E_{iM} – затраты на выполнение i -го типа действий при производстве изделий номенклатуры M .

Однако затраты на организацию и поддержание работоспособности производственной системы в ПСП и ТСП будут существенно различаться.

В ТСП переход к выпуску новой продукции производится с использованием существующих модулей преобразования, а следовательно, не вызовет существенного изменения затрат на организацию и обеспечение работоспособности производственной системы: $E_{ZN} \approx E_{ZM}$.

В ПСП переход к выпуску новой продукции требует создания новых модулей действия, в первую очередь, модулей преобразования. С учетом выражения (5.4.6) количество новых преобразующих модулей для изготовления изделий номенклатуры M определяется выражением:

$$N_{MC}^{ПСП} = k_{пр} k_C^n n_{M \text{ н.н.}}, \quad (5.4.16)$$

где $n_{M \text{ н.н.}}$ – число наименований изготавливаемых деталей и сборочных единиц изделий номенклатуры M ; $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий преемственность и унификацию изделий номенклатуры M относительно номенклатуры N .

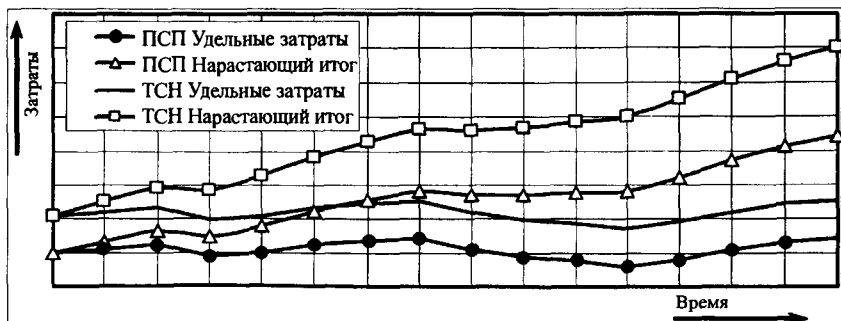


Рис. 5.4.3. Изменение затрат во времени при изменяющемся объеме производства

В ПСП каждое изменение номенклатуры вызывает дополнительные затраты на создание новых модулей преобразования:

$$E_Z = \sum (N_C E_{C1}), \quad (5.4.17)$$

где N_C – число модулей действия преобразования; E_{C1} – стоимость создания одного модуля преобразования.

Таким образом, суммарные затраты на производство при изменении номенклатуры продукции будут неизменными в ТСП и увеличиваться в ПСП (рис. 5.4.4).

Величина производственных затрат в единицу времени (удельные затраты) в ТСП будет неизменной, а в ПСП будет возрастать. Суммарные затраты во времени (нарастающий итог) будут равномерно возрастать как в ТСП, так и в ПСП, но во втором случае затраты будут расти более высокими темпами (рис. 5.4.5).

Таким образом, в производстве с изменяющейся номенклатурой продукции, как правило, предпочтительней оказывается технологическая специализация и соответственно технологически-специализированная организация производственной системы.

5.4.3. ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Выбор направлений технологической специализации предприятия может быть произведен на основе аналога известной модели GE/McKinsey. Каждое производство оценивается по характеристикам технологического уровня и производственного потенциала и относится к одной из областей матрицы (табл. 5.4.5).

Производственный потенциал производства можно оценить по следующим основным характеристикам:

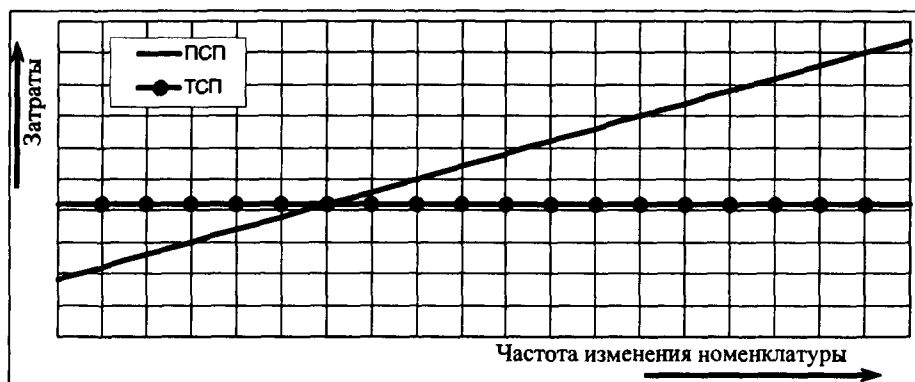


Рис. 5.4.4. Изменение затрат при изменении номенклатуры продукции

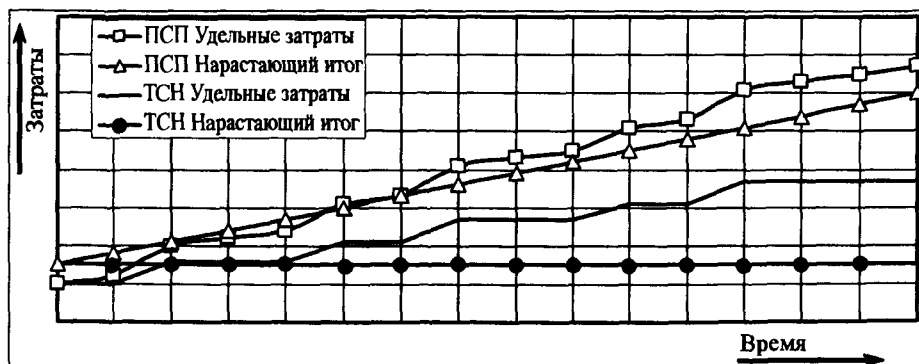


Рис. 5.4.5. Изменение затрат во времени при изменении номенклатуры продукции

5.4.5. Матрица предпочтительности направлений технологической специализации

Производственный потенциал	Технологический уровень		
	Низкий	Средний	Высокий
Высокий	1	4	7
Средний	2	5	8
Низкий	3	6	9

- производственная мощность;
- производственные площади;
- возможность наращивания производственной мощности;
- наличие сильного руководства;
- способность персонала к обучению.

Для оценки технологического уровня следует использовать следующие основные характеристики:

- наличие современного оборудования;
- наличие необходимых технологий;
- квалификация персонала;
- гибкость производства.

Решения для технологически-специализированных производств принимаются в соответствии с позициями по областям матрицы.

1. Высокий производственный потенциал и низкий технологический уровень. Производство используется для собственных нужд предприятия в том случае, если технологический уровень достаточен для выпуска продукции. Возможно привлечение инвестиций для повышения технологического уровня с целью перевода в области матрицы 4 или 7.

2. Средний производственный потенциал и низкий технологический уровень. Производство может использоваться для собственных нужд предприятия, если технологический уровень и производственная мощность достаточны для выпуска продукции. Возможно постепенное свертывание производства и привлечение к данному виду работ сторонних организаций.

3. Низкий производственный потенциал и низкий технологический уровень. Производство ликвидируется. Если существует потребность в данном виде работ, то привлекаются сторонние организации.

4. Высокий производственный потенциал и средний технологический уровень. Производство используется для собственных нужд предприятия. Свободные производственные мощности могут использоваться для выполнения сторонних заказов. Возможно при-

влечение инвестиций для повышения технологического уровня с целью перевода в область матрицы 7.

5. Средний производственный потенциал и средний технологический уровень. Производство используется для собственных нужд предприятия, если технологический уровень и производственная мощность достаточны для выпуска продукции.

6. Низкий производственный потенциал и средний технологический уровень. Производство ликвидируется. Если существует потребность в данном виде работ, то привлекаются сторонние организации.

7. Высокий производственный потенциал и высокий технологический уровень. Производство используется для собственных нужд предприятия. Свободные производственные мощности используются для выполнения сторонних заказов.

8. Средний производственный потенциал и высокий технологический уровень. Производство используется для собственных нужд предприятия.

9. Низкий производственный потенциал и высокий технологический уровень. Производство используется для собственных нужд предприятия. При недостаточной производственной мощности возможно повышение производственного потенциала путем расширения производственных площадей за счет ликвидируемых производств, укрепления руководства и др.

5.4.4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ПО ПРЕДПРИЯТИЯМ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Исходная информация о предприятиях. Структура информации. Техническое, организационное и технологическое состояние машиностроительного предприятия может быть охарактеризовано большим количеством показателей.

В процессе анализа технического, организационного и технологического состояния

различных машиностроительных предприятий с целью выбора предприятия для реализации результатов научно-исследовательского проекта или разработки большое количество показателей становится тормозом для принятия эффективного решения.

Следует существенно ограничить число показателей состояния предприятия и сгруппировать их таким образом, чтобы, с одной стороны, можно было автоматизировать обработку информации, а с другой стороны, достаточно достоверно оценить технические, организационные и технологические возможности предприятия.

Для создания структуры базы данных машиностроительного предприятия для оценки технического, организационного и технологического состояния при выборе объекта для реализации научно-технических проектов и разработок разрабатывается паспорт машиностроительного предприятия.

Паспорт машиностроительного предприятия представляет собой комплекс показателей технического, организационного и технологического состояния предприятия. Он должен охватывать круг основных показателей машиностроительного предприятия, достоверно характеризующих его техническое, организационное и технологическое состояния при автоматизированном решении задач выбора.

Использование паспорта машиностроительного предприятия приведет к сокращению трудоемкости и повышению достоверности принятия решений при выборе объекта для реализации научно-технических проектов и разработок.

Множество показателей, характеризующих машиностроительное предприятие, можно объединить в несколько групп (категорий), раскрывающих ту или иную сторону деятельности предприятия. Кроме того, такая группировка облегчит их сбор и последующую обработку.

Исходя из этого положения можно выделить 5 групп показателей:

- производственная мощность;
- основные фонды;
- производство продукции;
- организационно-технологический уровень;
- трудовые ресурсы.

Производственная мощность. Производственная мощность может быть охарактеризована в натуральной (в нормо-часах) или стоимостной (в рублях) форме. Использо-

вание натуральной формы в настоящее время предпочтительней. Производственная мощность может также быть определена отдельно по различным технологическим переделам.

Дополнительные показатели группы:

- индекс увеличения (уменьшения) производственной мощности за последний год;
- индекс использования производственной мощности в текущем году.

Индекс изменения производственной мощности за последний год характеризует динамику состояния предприятия: рост, стагнацию, упадок. Индекс изменения производственной мощности определяется выражением:

$$K_{\text{пр.м}} = \text{ПМ}_{\text{т.г}} / \text{ПМ}_{\text{п.г}},$$

где $\text{ПМ}_{\text{т.г}}$ – производственная мощность предприятия в текущем году; $\text{ПМ}_{\text{п.г}}$ – производственная мощность предприятия в предыдущем году.

Значения $K_{\text{пр.м}} > 1$ характеризуют рост (развитие) производства на предприятии; значения $K_{\text{пр.м}} < 1$ характеризуют упадок (снижение) производства на предприятии.

Индекс использования производственной мощности в текущем году характеризует активность деятельности предприятия. Индекс использования производственной мощности определяется выражением:

$$K_{\text{исп.м}} = \text{ПМ}_{\text{т.г}} / \text{ПМ}_{\text{план}},$$

где $\text{ПМ}_{\text{т.г}}$ – производственная мощность предприятия в текущем году; $\text{ПМ}_{\text{план}}$ – плановая производственная мощность предприятия.

Значения $K_{\text{исп.м}} < 0,7$ характеризуют низкую активность деятельности предприятия; значения $K_{\text{исп.м}} > 0,7$ характеризуют активную деятельность предприятия.

Основные фонды. Группа показателей "Основные фонды" включает:

- производственные площади (в тыс. кв. м);
- количество оборудования по группам (в единицах)¹, в том числе: металлорежущее; кузнечно-прессовое; литейное; сварочное; термическое; транспортное;
- возможность наращивания производственных площадей (да/нет).

¹ В случае необходимости в каждой группе может быть указано количество оборудования по типам, например, для металлорежущего оборудования: токарные станки, фрезерные станки, расточные станки, шлифовальные станки и т.д.

Показатель "Производственные площади" характеризует наряду с показателем "Производственная мощность" возможности предприятия по реализации того или иного проекта.

Показатель "Количество оборудования по группам" отражает специфические возможности предприятия по реализации того или иного проекта.

Показатель "Возможность наращивания производственных площадей" характеризует возможность экстенсивного развития предприятия.

Дополнительные показатели группы "Основные фонды":

- индекс увеличения (уменьшения) количества оборудования за последний год;
- индекс использования оборудования в текущем году.

Индекс изменения количества оборудования за последний год характеризует динамику состояния предприятия: рост, стагнацию, упадок. Индекс изменения количества оборудования определяется выражением:

$$K_{\text{изм.о}} = \text{EO}_{\text{т.г}} / \text{EO}_{\text{п.г}},$$

где $\text{EO}_{\text{т.г}}$ – количество единиц оборудования предприятия в текущем году; $\text{EO}_{\text{п.г}}$ – количество единиц оборудования предприятия в предыдущем году.

Значения $K_{\text{изм.о}} > 1$ характеризуют рост (развитие) производства на предприятии; значения $K_{\text{изм.о}} < 1$ характеризуют упадок (снижение) производства на предприятии.

Индекс использования оборудования в текущем году характеризует эффективность деятельности предприятия и возможности увеличения производства. Индекс использования оборудования определяется выражением:

$$K_{\text{исп.о}} = \text{ФФВ}_{\text{т.г}} / \text{ПФВ},$$

где $\text{ФФВ}_{\text{т.г}}$ – фактический отработанный фонд времени в текущем году; ПФВ – плановый фонд времени работы оборудования.

Значения $K_{\text{исп.о}} < 1,0$ характеризуют низкую эффективность деятельности на предприятии, значения $K_{\text{пр.м}} > 2,0$ характеризуют эффективную загрузку оборудования предприятия. Индексы $K_{\text{изм.о}}$ и $K_{\text{исп.о}}$ могут также быть рассчитаны и по группам оборудования.

Производство продукции. Группа показателей "Производство продукции" включает:

- сферу деятельности (да/нет): производство; ремонт;
- область деятельности (да/нет).

Показатели "Сфера деятельности" и "Область деятельности" характеризуют специфику предприятия с точки зрения основной номенклатуры выпускаемой продукции. Для предприятия может быть характерна какая-либо одна сфера и область деятельности или несколько.

Организационно-технологический уровень. Группа показателей «Организационно-технологический уровень» включает:

- применяемые технологические методы и процессы (есть/нет)¹: механосборочное производство; литейное производство; обработку давлением; сварочное производство; термическую и химико-термическую обработку; электрофизическую и электрохимическую обработку; прокатное производство; нанесение покрытий;

- достигнутый уровень автоматизации по группам оборудования (%): металлорежущее; кузнечно-прессовое; литейное; сварочное; термическое; транспортное;

- достигнутый уровень автоматизации по технологическим процессам (%): механосборочное производство; литейное производство; обработка давлением; сварочное производство; термическая и химико-термическая обработка; электрофизическая и электрохимическая обработка; прокатное производство; нанесение покрытий;

- количество оборудования со сроком эксплуатации менее 5 лет (%);

- достигнутый уровень автоматизации технической подготовки производства (есть/нет): конструирование; проектирование технологических процессов; подготовку управляющих программ для станков с ЧПУ; интегрированные системы КП и ТПП.

Показатель "Применяемые технологические методы и процессы" характеризует технологическую специфику предприятия и его возможности по реализации проектов в области того или иного технологического передела.

¹ В случае необходимости в каждой группе производств могут быть указаны применяемые технологические методы. Например, для литейного производства: литье в песчано-глинистые формы, литье по выплавляемым моделям, литье в кокиль, центробежное литье и т.д.

Показатель "Достигнутый уровень автоматизации по группам оборудования и технологическим процессам" определяется из следующего выражения:

$$K_{a\text{ гр}} = EO_{\text{авт}} / EO_{\text{общ}},$$

где $EO_{\text{авт}}$ – количество единиц автоматизированного оборудования; $EO_{\text{общ}}$ – общее количество единиц оборудования.

Данный показатель может рассчитывать по группам оборудования и характеризовать уровень автоматизации того или иного технологического передела.

Показатель "Количество оборудования со сроком эксплуатации менее 5 лет" характеризует степень современности производства и определяется из следующего выражения:

$$K_{<5} = EO_{<5} / EO_{\text{общ}},$$

где $EO_{<5}$ – количество единиц оборудования со сроком эксплуатации менее 5 лет.

Показатель "Достигнутый уровень автоматизации технической подготовки производства" определяется экспертной оценкой и характеризует степень современности технической подготовки производства.

Дополнительные показатели группы "Организационно-технологический уровень":

- индекс увеличения (уменьшения) уровня автоматизации производства за последний год;
- индекс использования автоматизированного оборудования в текущем году.

Трудовые ресурсы. Группа показателей «Трудовые ресурсы» включает:

- общее количество работающих (чел.);
- количество производственных рабочих (чел.);
- количество инженерно-технических работников (чел.).

Показатели данной группы наряду с другими ("Производственная мощность", "Основные фонды") характеризуют возможности предприятия по реализации того или иного проекта.

Дополнительные показатели группы "Трудовые ресурсы":

- индекс увеличения (уменьшения) численности работающих за последний год;
- индекс текучести кадров в текущем году.

Дополнительные показатели данной группы характеризуют стабильность трудового коллектива предприятия.

Методика распределения трудоемкости по предприятиям

I. Устанавливаются объемы распределяемой трудоемкости изделий в соответствии с годовой программой по каждому переделу: литейное производство; обработка давлением; механообрабатывающее производство; нанесение покрытий; сварка; сборка.

II. На каждом предприятии выделяются технологически специализированные производства¹: литейное производство; обработка давлением; механообрабатывающее производство; нанесение покрытий; сварка; сборка.

III. Определяется фактическое состояние производств по видам работ: технологические возможности (наличие необходимых технологических методов); производственные площади; производственная мощность; степень фактической загрузки; возможность наращивания производственной мощности; технологический уровень.

IV. Для каждого технологически специализированного производства определяется позиция в матрице соответствия (табл. 5.4.6).

¹ Здесь и далее при необходимости выполняется более глубокое структурирование производства (например, по конкретным методам обработки).

5.4.6. Матрица соответствия

Производственная мощность	Технологическое соответствие		
	Низкое	Среднее	Высокое
Большая	1 Средняк	4 Лидер	7 Лидер
Средняя	2 Аутсайдер	5 Средняк	8 Лидер
Малая	3 Аутсайдер	6 Аутсайдер	9 Средняк

Каждое технологически специализированное производство оценивается по характеристикам технологического соответствия и производственной мощности и относится к одной из позиций матрицы.

Характеристики технологического соответствия (ось X)	Характеристики производственной мощности (ось Y)
Низкое – менее 50 % от необходимых технологических методов	Малая – менее 100 % распределяемой трудоемкости
Среднее – от 50 до 100 % от необходимых технологических методов	Средняя – от 100 до 300 % распределяемой трудоемкости
Высокое – 100 % от необходимых технологических методов	Высокая – более 300 % распределяемой трудоемкости

Выбираются предполагаемые основные и дополнительные исполнители.

Типовые решения по позициям матрицы:

1. Большая производственная мощность и низкое технологическое соответствие:

- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя;
- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя в случае привлечения инвестиций для расширения технологических возможностей.

2. Средняя производственная мощность и низкое технологическое соответствие:

- не вовлекается в производство;
- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя для выполнения уникальных работ.

3. Малая производственная мощность и низкое технологическое соответствие:

- не вовлекается в производство.

4. Большая производственная мощность и среднее технологическое соответствие:

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя.

5. Средняя производственная мощность и среднее технологическое соответствие:

- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя.

6. Малая производственная мощность и среднее технологическое соответствие:

- не вовлекается в производство;
- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя для выполнения уникальных работ.

7. Большая производственная мощность и высокое технологическое соответствие:

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя.

8. Средняя производственная мощность и высокое технологическое соответствие:

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя.

9. Малая производственная мощность и высокое технологическое соответствие:

- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя;
- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя в случае привлечения инвестиций для увеличения производственной мощности.

V. Для каждого технологически специализированного производства определяется позиция в матрице загрузки (табл. 5.4.7).

5.4.7. Матрица загрузки

Производственная мощность	Текущая загрузка		
	Низкая	Средняя	Высокая
Большая	1 Лидер	4 Лидер	7 Средняк
Средняя	2 Средняк	5 Средняк	8 Аутсайдер
Малая	3 Аутсайдер	6 Аутсайдер	9 Аутсайдер

Каждое технологически специализированное производство оценивается по характеристикам текущей загрузки и производственной мощности и относится к одной из позиций матрицы.

Характеристики текущей загрузки (ось X)	Характеристики производственной мощности (ось Y)
Низкое – менее 30 % производственной мощности	Малая – менее 100 % распределяемой трудоемкости
Среднее – от 30 до 70 % производственной мощности	Средняя – от 100 до 300 % распределяемой трудоемкости
Высокое – более 70 % производственной мощности	Высокая – более 300 % распределяемой трудоемкости

Выбираются предполагаемые основные и дополнительные исполнители.

Типовые решения по позициям матрицы:

1. Большая производственная мощность и низкая текущая загрузка:

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя.

2. Средняя производственная мощность и низкая текущая загрузка:

- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя;

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя в случае привлечения инвестиций для увеличения производственной мощности.

3. Малая производственная мощность и низкая текущая загрузка:

- не вовлекается в производство;
- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя в случае привлечения инвестиций для увеличения производственной мощности.

4. Большая производственная мощность и средняя текущая загрузка:

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя.

5. Средняя производственная мощность и средняя текущая загрузка:

- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя;
- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя в случае привлечения инвестиций для увеличения производственной мощности.

6. Малая производственная мощность и средняя текущая загрузка:

- не вовлекается в производство;
- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя для выполнения уникальных работ.

7. Большая производственная мощность и высокая текущая загрузка:

- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя.

8. Средняя производственная мощность и высокая текущая загрузка:

- не вовлекается в производство;
- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя для выполнения уникальных работ.

9. Малая производственная мощность и высокая текущая загрузка:

- не вовлекается в производство;
- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя для выполнения уникальных работ.

VI. Для каждого технологически специализированного производства определяется позиция в матрице эффективности (табл. 5.4.8).

Выбираются предполагаемые основные и дополнительные исполнители.

Типовые решения по позициям матрицы:

1. Высокий производственный потенциал и низкий технологический уровень:

- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя;

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя в двух ситуациях: технологический уровень достаточен для выпуска планируемой продукции; привлечение инвестиций для технического перевооружения с целью поднятия технологического уровня производства.

2. Средний производственный потенциал и низкий технологический уровень:

- не вовлекается в производство.

3. Низкий производственный потенциал и низкий технологический уровень:

- не вовлекается в производство.

5.4.8. Матрица эффективности

Производственный потенциал	Технологический уровень		
	Низкий	Средний	Высокий
Высокий	1 Середняк	4 Лидер	7 Лидер
Средний	2 Аутсайдер	5 Середняк	8 Лидер
Низкий	3 Аутсайдер	6 Аутсайдер	9 Середняк

Каждое технологически специализированное производство оценивается по характеристикам технологического уровня и производственного потенциала и относится к одной из позиций матрицы.

Характеристики технологического уровня (ось X)	Характеристики производственного потенциала (ось Y)
Наличие современного оборудования	Производственная мощность
Наличие необходимых технологий	Производственные площади
Квалификация персонала	Возможность наращивания производственной мощности
Гибкость производства	Наличие сильного руководства
	Способность персонала к обучению

4. Высокий производственный потенциал и средний технологический уровень:

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя.

5. Средний производственный потенциал и средний технологический уровень:

- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя.

6. Низкий производственный потенциал и средний технологический уровень:

- не вовлекается в производство.

7. Высокий производственный потенциал и высокий технологический уровень:

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя.

8. Средний производственный потенциал и высокий технологический уровень:

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя.

9. Низкий производственный потенциал и высокий технологический уровень:

- возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя;

- возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя в двух си-

туациях: производственный потенциал достаточен для выпуска планируемой продукции; привлечение инвестиций для технического перевооружения с целью поднятия производственного потенциала.

VII. Для каждого технологически специализированного производства определяется позиция в сводной таблице (табл. 5.4.9).

Для каждого технологически специализированного производства определяются позиции по матрицам соответствия, загрузки, эффективности, и относятся к одной из позиций сводной матрицы. Выбираются предполагаемые основные и дополнительные исполнители.

Типовые решения по позициям таблицы:

Группа I. Основной исполнитель.

Группа II. Дополнительный исполнитель. Возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя при дополнительных инвестициях.

Группа III. Дополнительный исполнитель. Возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя при дополнительных инвестициях.

5.4.9. Сводная таблица

Группа	Позиции в матрицах		
	Матрица соответствия	Матрица загрузки	Матрица эффективности
I	Лидер	Лидер	Лидер
II	Лидер	Лидер	Средняк
	Лидер	Средняк	Лидер
	Средняк	Лидер	Лидер
III	Лидер	Лидер	Аутсайдер
	Лидер	Аутсайдер	Лидер
	Аутсайдер	Лидер	Лидер
IV	Лидер	Средняк	Средняк
	Средняк	Лидер	Средняк
	Средняк	Средняк	Лидер
V	Лидер	Средняк	Аутсайдер
	Лидер	Аутсайдер	Средняк
	Средняк	Лидер	Аутсайдер
	Средняк	Аутсайдер	Лидер
	Аутсайдер	Лидер	Средняк
	Аутсайдер	Средняк	Лидер
VI	Лидер	Аутсайдер	Аутсайдер
	Аутсайдер	Лидер	Аутсайдер
	Аутсайдер	Аутсайдер	Лидер
VII	Средняк	Средняк	Средняк
VIII	Средняк	Аутсайдер	Средняк
	Средняк	Средняк	Аутсайдер
	Аутсайдер	Средняк	Средняк
IX	Средняк	Аутсайдер	Аутсайдер
	Аутсайдер	Средняк	Аутсайдер
	Аутсайдер	Аутсайдер	Средняк
X	Аутсайдер	Аутсайдер	Аутсайдер

Группа IV. Дополнительный исполнитель. Возможно вовлечение в производство в качестве основного исполнителя при дополнительных инвестициях.

Группа V. Дополнительный исполнитель.

Группа VI. Возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя для выполнения уникальных работ.

Группа VII. Дополнительный исполнитель.

Группа VIII. Возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя для выполнения уникальных работ.

Группа IX. Возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя для выполнения уникальных работ.

Группа X. Возможно вовлечение в производство в качестве дополнительного исполнителя для выполнения уникальных работ.

5.4.5. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Формирование предметных областей деятельности. При формировании переменной производственной структуры в процессе реструктуризации машиностроительных предприятий, работающих в условиях реконструкции с учетом технологической специализации структурных единиц, необходимо выделить два основных класса продукции:

- продукция, которую в настоящее время производят предприятия;

- продукция, которую могут производить предприятия. В продукции, которую в настоящее время производят предприятия, можно выделить три группы.

Группа 1. Продукция специального назначения, производимая в рамках государственного заказа.

Группа 2. Продукция общего назначения, пользующаяся спросом на рынке.

Группа 3. Продукция общего назначения, не пользующаяся спросом на рынке.

Выпуск продукции групп 1 и 2 полностью или в основном технологически обеспечен. Формирование необходимых производственных цепочек из технологически специализированных производств (структурных подразделений) не представляет какой-либо технологической или производственной проблемы. При определенных условиях (низкое качество, низкая эффективность) возможен вариант замены собственных технологически специализированных структурных единиц внешними партнерами. Выпуск продукции группы 3 следует прекратить.

В продукции, которую могут производить предприятия, можно выделить четыре группы.

Группа 4. Продукция специального назначения, требуемая в рамках государственного заказа, соответствующая технологическим возможностям предприятий.

Группа 5. Продукция общего назначения, пользующаяся спросом на рынке, соответствующая технологическим возможностям предприятий.

Группа 6. Продукция специального назначения, требуемая в рамках государственного заказа, не соответствующая текущим технологическим возможностям предприятий.

Группа 7. Продукция общего назначения, пользующаяся спросом на рынке, не соответствующая текущим технологическим возможностям предприятий.

Выпуск продукции групп 4 и 5 полностью или в основном технологически обеспечен. Формирование необходимых производственных цепочек из технологически специализированных производств (структурных подразделений) не представляет какой-либо технологической или производственной проблемы. При определенных условиях (низкое качество, низкая эффективность) возможен вариант замены собственных технологически специализированных структурных подразделений внешними партнерами.

Выбор продукции группы 5 определяется, помимо чисто финансовых соображений, целесообразностью использования избыточных, резервных или временно свободных производственных мощностей, занятых производством продукции групп 1 и 2.

При организации производства продукции группы 6 необходимо решить вопрос о целесообразности (эффективности) развития собственных новых технологических направлений или привлечения внешних технологически специализированных партнеров.

Выбор продукции группы 7 определяется, помимо чисто финансовых соображений, в первую очередь, целесообразностью развития собственных новых технологических направлений. Как вариант можно рассматривать привлечение внешних технологически специализированных партнеров.

Классификация и выбор направлений технологической специализации. Все производства (с учетом дублирования в предметно-ориентированных структурных единицах), реализуемые предприятиями, можно разделить на три группы:

Группа 1. Производства, обеспечивающие выпуск продукции специального назначения, производимой в рамках государственного заказа, и продукции общего назначения.

Группа 2. Производства, обеспечивающие выпуск продукции общего назначения, пользующейся спросом на рынке, но не связанные с выпуском продукции специального назначения.

Группа 3. Производства, обеспечивающие выпуск продукции общего назначения, не пользующейся спросом на рынке, и не связанные с выпуском продукции специального назначения или пользующейся спросом на рынке.

Производства первой группы следует сконцентрировать в рамках отдельных структурных единиц. Выбор структурных единиц,

предпочтительных для развития направления технологической специализации, можно производить на основе матрицы эффективности. Технологические специализации этих производств необходимо сохранить и развивать в направлении повышения качества и производительности. Технологические возможности этих производств могут быть задействованы для выпуска продукции любых групп, а также для выполнения работ для внешних заказчиков.

Производства второй группы можно сконцентрировать в рамках отдельных структурных единиц. Выбор структурных единиц, предпочтительных для развития направления технологической специализации, можно производить на основе матрицы загрузки. Технологические специализации этих производств необходимо сохранить. Развитие этих производств определяется экономической целесообразностью. Технологические возможности этих производств могут быть задействованы для выпуска продукции групп 2, 4 – 7, а также для выполнения работ для внешних заказчиков.

Производства третьей группы необходимо обследовать на предмет возможности их использования для выпуска продукции групп 6 и 7. Вопрос сохранения и возможного развития технологической специализации или технологической переориентации этих производств должен решаться исходя из экономической целесообразности в сравнении с возможностями внешних технологически специализированных партнеров.

Отдельную группу составляют новые производства, создание которых может потребоваться для выпуска продукции групп 6 и 7. Вопрос развития собственных новых технологических направлений должен решаться исходя из экономической целесообразности в сравнении с внешними технологически специализированными партнерами. В дальнейшем новые производства могут выполнять работы и для внешних заказчиков.

Выбор оптимальных производственных процессов. Технологическая специализация структурных подразделений позволяет при проектировании производственного процесса использовать типовые конструкторско-технологические решения, типовые и групповые технологические процессы.

Для любого изделия может быть спроектировано несколько вариантов производственных процессов, использующих как одинаковый, так и различный набор технологически специализированных структурных подразделений (производственные цепочки).

При выборе оптимального производственного процесса могут быть использованы критерии:

- минимум материальных (финансовых) затрат;
- минимум временных затрат;
- максимальная загрузка структурных подразделений.

В технологически специализированных производственных структурах можно использовать любой из перечисленных критериев. (Качество как критерий выбора не рассматривается, так как принят постулат безусловного обеспечения качества.)

При проектировании производственного процесса с минимумом материальных (финансовых) затрат выбираются наименее затратные производственные цепочки. Эти цепочки могут включать как собственные технологически специализированные подразделения, так и внешних технологически специализированных партнеров. В структурных подразделениях с учетом наличия разного оборудования и оснастки выбираются наименее затратные технологические процессы, оборудование и оснастка.

При проектировании производственного процесса с минимумом временных затрат выбираются наиболее производительные производственные цепочки. Эти цепочки могут включать как собственные технологически специализированные подразделения, так и внешних технологически специализированных партнеров. В структурных подразделениях с учетом наличия разного оборудования и оснастки выбираются наиболее производительные технологические процессы, оборудование и оснастка.

При проектировании производственного процесса с максимальной загрузкой собственных структурных подразделений выбираются производственные цепочки, не включающие внешних технологически специализированных партнеров.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматизация проектирования 213, 221, 229

Автоматизация процессов отработки и обеспечения технологичности конструкции изделия

- Задача 160
- Факторы 161
- Затраты 161
- Принципы 162

Автоматизированная система

– управления производственными процессами (АСУПП) 152, 154

– управления производством (АСУП) 19, 214

– управления технологическими процессами (АСУТП) 214

– управления технологичностью конструкции изделия (АСУТКИ) 150

– технологической подготовки производства (АСТПП) 167, 214–223

Архитектурно-градостроительное решение 134

Б

Библиотека технологическая

- комплексных маршрутов 228
- комплексных операций 228
- обобщенных технологических процессов 228

- описания параметров переходов 228
- расчетных процедур 220
- стандартных бланков 227
- структурно-параметрических моделей изделия 220
- эскизов 227

Бизнес-план по устойчивости предприятия 11, 22, 262

Благоустройство территории 14

Блокирование зданий и сооружений 14

В

Виртуальное предприятие 297, 324

Г

Гибридная система планирования производства 493

Градостроительная деятельность 15

Граф вхождений 318

- состояний 458

Группировка станков 39

Д

Диспетчирование производства

- Понятие 378
- Состав объектов 378
- Структура 379

- Организация 379
- Технические средства оснащения 379

Договор

- Понятие 25
- Действие 25
- Форма 26
- Основные положения 25
- Условия 25
- Цена 25
- Свобода 25
- Изменения и дополнения 26

Договор подряда 26–28**Документация градостроительная 15**

- исходно-разрешительная 15
- конструкторская 18, 123, 142, 185
- предпроектная 10
- проектная 10, 16, 22
- рабочая 16
- сметная 24
- технологическая 220

Дробенаклеп 64**З****Заготовка 29, 185****Задел**

- Классификация 373, 374

Заказчик (застройщик) 15**Закалка 83****Земельный участок 15****Зонирование территории предприятия**

- Перечень 13

И

Имитационная модель производственной системы 231, 390–395, 410

Имитационное моделирование производственных систем

- Понятие 389
- Определение 390
- Достоинства и недостатки 390
- Структура 391
- Организация процесса 395
- Виды 395
- Событийный подход 396
- Подход сканирования активностей 397
- Процессно-ориентированный подход 398
- Инструментальные средства 399
- Методы искусственного интеллекта 400
- Метод «Ресурсы – Действия – Операции» (РДО) 409
- Поиск оптимальных решений 457
- Примеры задач 474

Инвестиции

- Обоснование 20
- Эффективность 24–26

Инвестиционный процесс 10**Инновационный проект 281, 286, 537****Инновация (нововведение) 536****Информационное обеспечение производственной системы**

- Понятие 519
- Система организации 520
- Источники 522
- Система показателей 524–531
- Основы применения 531

Информационная система 519**Использование территории 15****Исходные материалы 15****К****Кадр**

- Понятие 447

- Имена 447
- Условия показа 447
- Цвет фона 448
- Размеры 448
- Битовая карта 449
- Пример полного описания кадра 451
- Календарно-плановые нормативы** 371
- Капитальное строительство** 15
- Капитальный ремонт** 15, 97
- Карта**
 - маршрутная 227, 238
 - операционная 227
- Качество продукции** 15
- Качественная оценка технологичности конструкции изделия** 151
- Классификация цехов**
 - по максимальной массе обрабатываемой детали 31
 - по методу производства 31
 - по серийности производства 31
- Ковка** 51
- Количественная оценка технологичности конструкции изделия** 154
- Конвейер** 79, 89–90, 413, 488
 - карусельный 115
 - ленточный 115
 - приводной тележечный 115
 - подвесной 116
 - рамный (шагающий) 116
 - роликовый (рольганг) 114
 - цепной напольный 115
- Конструкция изделия**
 - комплексная 186
 - типовая 186

Л

Лазерная обработка 84

- Линии градостроительного регулирования**
 - Перечень 16–18

М

- Маршрут технологических процессов** 227
- Математическое моделирование процесса проектирования** 229
- Матрица возможностей** 506
 - загрузки 561
 - соответствия 560
 - угроз 507
 - эффективности 563
 - SWOT 507
- Машиностроение** 12
- Метод Хаммера – Чампи** 336
 - Дэвенпорта 337
 - Мэнгэнелли – Клейна 338
 - наименьших квадратов 465
 - управления 514
 - фирмы Кодак 338
- Методика автоматизированного синтеза** 237
- Методология IDEF0** 311
- Модели управления инновационными процессами** 274
- Моделирование производственных систем**
 - Назначение 380
 - Этапы и цели 380–381
 - Функционально-структурное описание 382
 - Имитационное моделирование 389, 484
- Модель производственной системы**
 - IDEF0 383
 - IDEF3 386
- Модифицированные производственные правила** 407
- Мощность предприятия** 20

Н

Некапитальное строительство 15

Номенклатура объектов машиностроительной промышленности

- Категории 12, 13

Нормализация 83

О

Обработка холодом 83

Объем производства промышленной продукции 18

Оперативное планирование и управление

- Назначение 366
- Этапы 366
- Состав входной и выходной информации 367, 368

– Базовые системы 368

– Календарно-плановые нормативы (КПН) 371

- Концепция и методология 374

Организация цехов

- по смешанному признаку 32
- по технологическому признаку 31
- по узловому признаку 31

Оснастка 227

- инструментальная 91
- литейная 92, 93
- технологическая 127

Отжиг 83

Отливка 65, 79

- Обработка 70
- Очистка 70

Отпуск 83

Отходы производства 22, 23

- деловые 63
- непакетируемые неделовые листовые 63

Очередь строительства 13

П

Переоборудование помещений 15

Перепланировка помещений 15

Печи для термической обработки

- Классификация 85

Планирование эксперимента

- Понятие 465
- Матрица 466
- Область 466
- Полные факторные планы 467
- Дробные факторные планы 468
- Генератор плана 468
- Полуреплика плана 468
- Контраст плана 471

Площадь цеха

- вспомогательная 35, 48
- производственная 35, 48
- технологическая 35, 48

Показатель абсолютно оценочный 525

- инвестиционной стратегии 526
- инвестиционного развития 540
- инновационный 536
- качества 141, 145
- качественный 524
- количественный 524
- коммерческой деятельности 537
- натуральный 524
- объемный 524
- относительный оценочный 525
- платежеспособности 528
- стоимостный 524
- стратегии маркетинга 526
- технический и производственный 535
- технологичности 142, 187
- технологичности конструкции изделия 155
- устойчивости финансового положения 528

- финансовый 538
- эффективности производственной системы 534

Поточная термическая обработка 86**Поточность производства 13****Предприятие**

- Понятие 502
- Система управления 505
- Система целей 508
- Принципы управления 512
- Методы управления 513
- Организационная структура 516
- Технологическая структура 518
- Производственная структура 518, 543
- Хозяйственная структура 519
- Формы статистической отчетности 523
- Безопасность 541
- Выбор направления технологической специализации 556, 565
- Производственная мощность 558
- Основные фонды 558
- Производство продукции 559
- Организационно-технологический уровень 559
- Трудовые ресурсы 560

Предпроектная подготовка строительства 15**Предпроектный период 18****Принцип взаимозависимости 167**

- достоверности 166
- коллегиальности 167
- комплексности 167
- обеспечения функциональности изделия 166
- управления производственной системой 512
- ценности 167
- экономичности 166

Проект

- Жизненный цикл 301
- Окружение 301
- Условия осуществления 301
- Функции управления проектом 303
- Классификация 304
- Виртуальная администрация проекта (ВАП) 309, 331
- Модель 311
- Сетевая и логистическая модель 32, 328, 329

Проектирование алгоритмов систем управления 485

- индивидуальное рабочих технологических процессов 131
- рабочих технологических процессов 129
- средств технологического оснащения (СТО) 132
- технологическое 129

Проектирование изделия

- Модульно-блочный принцип 162
- Эскизное и рабочее проектирование 162, 174

Проектирование машиностроительных предприятий 12**Проектная подготовка**

- Этапы 10–16

Продукционный имитатор 423**Производство**

- изменяющееся 553
- устойчивое 552

Производство абразивное

- Назначение 100
- Технологические решения 100
- Организация работ 101
- Материалы 101

Производство заготовительное

- Назначение 29
- Технологические решения 30

Производство кузнечно-прессовое

- Назначение 51
- Технологические решения 51
- Оборудование 52
- Мероприятия по ограничению шума и вибрации 55, 62
- Меры по борьбе с вредными газами и загазованностью воздуха 55, 62

Производство литейное

- Назначение 65
- Мощность и состав литейных цехов 65
- Технологические решения 66
- Подготовка оборотной смеси 69
- Оборудование 70–73
- Материалы 73, 74
- Организация работ 74–77

Производство металлопокрытий

- Назначение 89
- Технологические решения 90
- Организация работ 90, 91
- Оборудование 89–91

Производство механообрабатывающее

- Назначение 30
- Организация работ 31
- Технологические решения 32
- Технологические процессы 40

Производство окрасочное

- Назначение 86
- Организация работ 87
- Технологические решения 87, 88
- Лакокрасочные материалы 88
- Подготовка поверхности 88, 89

Производство пружинное

- Назначение 63
- Технологические решения 63

Производство сборочное

- Назначение 45
- Технологические решения 46
- Технологический процесс 47
- Оборудование 48

Производство сборочно-сварочное

- Назначение 40
- Технологические решения 41
- Оборудование 42, 43
- Сварочные материалы 45

Производство термическое

- Назначение 82
- Технологические решения 84

Производственная система (ПС) 502

- Программа выпуска продукции 21, 23, 41
- Структура предприятия 28
- Дискретность 395
- Управление 410, 423, 504
- Модель 410, 423
- Ресурсы 411, 417
- Формы специализации 542
- Описание 546

Пружины

- Классификация 63
- Навивка горячая 63
- Навивка холодная 64

Пусковой комплекс 13**Р****Разработка модели проекта 311****Расширение действующих предприятий 11****Рейтинги 285, 484****Реконструкция 19****Рентабельность производства 11****Реорганизация предприятия 335****Реструктуризация предприятия 285, 339, 342, 344, 346**

Ресурсы предприятия

- Классификация 341

Работы промышленные 61**С****Сборка**

- подвижная 47
- поточная при неподвижном изделии 47
- поточная с перемещением собираемого изделия 47
- прецизионная 47
- стационарная 46

Система автоматизированного проектирования (САПР) 153, 223

- изделия 167
- технологии 226, 229, 242
- технологических процессов 223

Система множеств 313**Система оперативно-календарного планирования 368****Система управления предприятием 505****Склады прицеповые 104**

- центральные абразивные 95
- центральные инструментальные 94, 95

Складское хозяйство

- Назначение 103
- Классификация складов 104
- Перечень складов 105
- Организация 106
- Складское оборудование и приспособления 108
- Складской транспорт 109
- Грузоподъемные механизмы и машины 110
- Грузозахватные приспособления и устройства 111

Смазочно-охлаждающая жидкость 36

- Характеристика 37

- Слив 37

Специализация производства детальная 12

- предметная 12, 542
- технологическая 12, 544

Станкостроение 14**Старение 83****Стратегическое планирование и управление 243**

- Контроллинг 250
- Концепция и принципы 243
- Стратегия конкурентной борьбы 253
- Оценка альтернативных стратегий 256
- Формирование и обоснование стратегии предприятия 267

Стратегия альтернативная 256

- базовая 295
- защитная 258
- конкурентной борьбы 253
- наступательная 255

Стройка 13**Стружка металлическая 37, 59, 66**

- Классификация 38
- Переработка 38
- Транспортировка 38

Т**Техническое задание 220****Техническое перевооружение 19****Технологическая подготовка производства (ТПП)**

- Цели и задачи 119
- Система 119
- Классификационные группы стандартов 121
- Выбор средств технологического оснащения 126, 141, 205
- Выбор технологического оборудования 126

- Выбор технологической оснастки 127 Ф
 - Технологическая операция** 238
 - Технологический процесс (ТП)** 30, 124 Фрейм 406
 - Назначение 180
 - Классификация 180 Х
 - Применение 181
 - Типизация 208 Химико-термическая обработка 83, 84
 - Технологическое проектирование предприятий** 10, 129 Ц
 - Технологичность** 123, 142, 146
 - Программно-информационно-методический комплекс оценки технологичности (ПИМКОТ) 163, 164, 167
 - Автоматизированная система оценки технологичности (АСОТ) 165
 - Технологичность конструкции детали**
 - Показатели 187
 - Технологичность конструкции изделия (ТКИ)**
 - Обеспечение 140
 - Показатели качества 141
 - Оценка 176
 - Технология производства** 20
 - Транспорт**
 - Классификация 111
 - Область применения 111
 - Технология заводского транспорта 113
 - Структура межцеховых грузопотоков машиностроительного завода 115
 - Трудоемкость** 14
- у
- Управление промышленным предприятием**
 - Модели 347
 - Оперативное 366
 - Стратегическое 243
 - Центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ)**
 - Функции 102
 - Организация 102
 - Центральная измерительная лаборатория**
 - Функции 102
 - Организация 103
 - Цех абразивный** 100
 - деревообрабатывающий 98
 - вспомогательный 81, 93
 - горячей навивки пружин 63
 - горячей объемной штамповки 52, 92
 - заготовительный 29
 - консервации и упаковки 49
 - кузнечный 51
 - листовой штамповки 59
 - литейный 65, 78, 92
 - металлопокрытий 89
 - механический 31
 - механосборочный 32
 - пружинный 63
 - ремонтный 96
 - ремонтно-строительный 99
 - сборочный 46
 - сварочный 40
 - тарный 99
 - тепловой 97
 - термический 84
 - холодной высадки 58

– холодной объемной штамповки 57, 92

Ш

Штамповка 57–60

Шихта 65, 66, 68

Э

Электрованны для термической обработки
86

Элементарная функциональная модель 315

Я

Язык моделирования – РДО 409, 425

– Условные обозначения 425

– Алфавит, лексемы и разделители 425

– Типы данных, соответствие типов 427

– Арифметические и логические выражения 428

– Глобальные переменные и стандартные функции 429

– Синтаксис последовательности 431

– Типы ресурсов 432

– Описание ресурсов 433

– Описание символьных констант функций и последовательностей 434

– Описание образцов 439

– Сочетания статусов начала и конца 440

– Описание операций 443

– Объект описания показателей 446

– Описание кадров 447

– Объект результатов 452

– Объект прогона 443

– Объект трассировки 455

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Александр Васильевич Мухин и др.

МАШИНОСТРОЕНИЕ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

Том III-1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Лицензия ИД № 05672 от 22.08.2001

Редактор *Е.М. Нуждина*

Художественный редактор *Т.Н. Галицына*

Корректор *М.Я. Барская*

Инженеры по компьютерному макетированию:

Е.В. Кораблева, И.В. Евсеева, М.Н. Рыжкова, М.А. Филатова

Сдано в набор 30.09.2004. Подписано в печать 24.03.2005. Формат 70 × 100 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 46,8. Уч. изд. л. 48,92.

Тираж 1000 экз. Заказ 551

ОАО «Издательство «Машиностроение»,
107076, Москва, Стромынский пер., 4

Оригинал-макет изготовлен в Издательско-полиграфическом центре
Тамбовского государственного технического университета
392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112

Отпечатано в ГУП ППП «Типография «Наука» РАН
121099, Москва, Шубинский пер., 6