

日本のFMS事例集

監修 (社)機械技術協会 生産技術調査分科会

□ マシニスト出版

ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЯПОНИИ

Перевод с японского
А.Л. Семенова

Под редакцией
канд. техн. наук Л.Ю. Лищинского



Москва «Машиностроение» 1987

ББК 32.965
Г46
УДК 658.52.011.56.012.3(520)

Г46 Гибкие производственные системы Японии/Пер. с яп. А. Л. Семёнова; Под ред. Л. Ю. Лищинского.—М.: Машиностроение, 1987.—232 с.: ил.

(В пер.): 1 р. 40 к.

Сборник примеров действующих японских гибких производственных систем отражает большой опыт Японии в их создании и использовании. Книга отличается большим статистическим материалом по внедрению ГПС, построению программного обеспечения, сравнительным данным ГПС разных стран. Заслуживают внимания разработки сложных ГПС. Сборник полезен для ознакомления с современными ГПС, для разработки новых систем конкретных предприятий и анализа их эффективности.

Для инженеров и научных работников в области автоматизации производства.

Г 2404000000—162
038(01)—87 162—87

ББК 32.965
6Ф6.5

© Mashinisuto shuppan, 1983

© Перевод на русский язык, «Машиностроение», 1987

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора перевода	6
Предисловие	9
Глава 1. Каталог ГПС Японии	10
1.1. Введение	10
1.2. Сводные данные о ГПС Японии	11
1.3. Компоновочные и информационно-управляющие структуры ГПС	28
Список литературы	142
Глава 2. Тенденции развития ГПС	146
2.1. Состояние развития ГПС в Японии	146
2.2. Анализ ГПС Японии, Европы и США	157
Список литературы	166
2.3. Многоцелевые станки в ГПС	167
2.4. Программное обеспечение ГПС	188
Список литературы	204
Глава 3. Научные исследования и разработки в области ГПС	206
3.1. Безлюдное производство	206
3.2. Интегрированные производственные системы	208
Список литературы	230

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ПЕРЕВОДА

Развитие конструкций ГПС, повышение их технического уровня и широкое применение в промышленности характеризуют в настоящее время машиностроение всех промышленно развитых стран. Формирование основных направлений технической политики в этой области находится в течение последних лет в центре внимания государственных деятелей, руководителей промышленности, научно-технической общественности.

В настоящее время в мире успешно эксплуатируются свыше 200 ГПС, из них в Японии, которая занимает первое место по масштабам их внедрения, свыше 60.

В связи с этим вниманию читателя предлагается перевод книги группы членов Комитета по исследованию промышленной технологии Японии во главе с профессором Н. Сато «Гибкие производственные системы Японии».

Книга состоит из трех глав:

каталог гибких производственных систем Японии;

тенденции развития ГПС;

научные исследования и разработки в области ГПС, в которых предпринята попытка изложения ряда вопросов, связанных с проектированием, созданием, внедрением, исследованием ГПС и обобщением основных тенденций их развития.

Существенной особенностью книги является ее построение — она начинается с подробного каталога ГПС, созданных в Японии начиная с 1972 г. и эксплуатирующихся на различных промышленных предприятиях. Подробно описываются компоновочные и информационно-управляющие структуры 47 ГПС. Отмечается, что особенно быстрые темпы внедрения ГПС в Японии были характерны для периода 1979—1982 годов.

В книге собрано значительное количество данных, связанных с разнообразными аспектами теории и практики ГПС, анализ которых представляет несомненный интерес.

1. Авторы предлагают следующую классификацию ГПС:

так называемые «типичные» ГПС для мелкосерийного и серийного производства;

гибкие автоматические линии.

При этом отмечается, что участки из автономных (не связанных между собой) гибких производственных модулей, так же как и ячейки из двух-трех модулей, не следует относить к ГПС.

2. Прослеживаются две организационные тенденции:

создание и промышленное внедрение автоматических (автоматизированных) ячеек из двух-трех станков, оснащенных общими ЭВМ, промышленным роботом, накопителем заготовок (полуфабрикатов, деталей):

создание и промышленное внедрение крупных автоматических (автоматизированных) систем (в том числе цехов и заводов), способных работать с минимальным участием человека в производственном процессе (в том числе в ночное время, в выходные и праздничные дни).

3. В Японии 90 % ГПС построены на многоцелевых станках, в то время как в Европе и США 75 % систем — на одноцелевых.

Многоцелевыми станками японские специалисты традиционно называют только станки для обработки корпусных деталей. Станки подобного класса для обработки деталей типа тел вращения называют токарными обрабатывающими центрами.

Приведенные выше соотношения объясняются сложившейся в Японии тенденцией воспроизводства станочного парка. Указанное различие стратегий использования оборудования, имеющих место, с одной стороны, в Японии, а с другой — в Европе и США, свидетельствует о необходимости технико-экономического подхода к выбору оптимальной степени интеграции операций на технологических позициях ГПС.

4. Основные тенденции развития ГПС Японии формулируются следующим образом:

совмещение в одной ГПС обработки деталей различных геометрических форм — корпусных, плоских, типа тел вращения;

повышение степени технологической интеграции (комплексности обработки), т. е. осуществление в автоматизированном режиме сквозного технологического маршрута, начиная от предварительной обработки заготовок до финишных операций, с включением неметаллорежущих операций, в первую очередь — сборочных. Следует отметить, что в отличие от других стран (и, в частности, от СССР), где под интегрированными системами понимаются системы типа CAD—CAP—CAM или CIM, японские специалисты называют интегрированными системы, сочетающие механическую обработку и сборочные операции. Расширение масштабов использования последних в ГПС авторы считают одной из основных тенденций их развития;

разработка систем автоматизированного проектирования ГПС, включая выбор оптимальных компоновок многоцелевых станков, наилучшим образом удовлетворяющих совокупности технологических задач конкретной ГПС.

5. Особое внимание в Японии уделяется следующим направлениям повышения степени автоматизации ГПС:

автоматической переналадке станков с идентификацией детали и автоматическим вызовом из памяти ЭВМ необходимой управляющей программы;

автоматической диагностике и самовосстановлению узлов и подсистем; расширению функций промышленных роботов;

использованию систем адаптивного управления технологическими

режимами работы станков; оснащению станков комплектными системами ЧПУ и электрооборудования.

Ряд созданных ГПС характеризуются весьма высоким уровнем автоматизации. К ним относятся ГПС *КМ-2*, изготовленная в 1979 г. фирмой «Комацу сейсакудзэ» для завода фирмы в г. Кавасаки, предназначенная для обработки деталей 130 типоразмеров (планетарных передач); ГПС *HS-11* («Продакшн мастер 106»), изготовленная в 1979 г. фирмой «Хитати сэйки» для предприятия фирмы в г. Абики, предназначенная для обработки малогабаритных корпусных деталей 120 типоразмеров (металлорежущих станков); ГПС *FN-2*, изготовленная в 1982 г. фирмой «Фанук» для завода фирмы в г. Фудзи, предназначенная для обработки деталей 450 типоразмеров (промышленных роботов и металлорежущих станков). В перечисленных системах осуществляются прямое автоматическое управление транспортными устройствами, контроль и адаптивное управление работой оборудования, учет ресурса работы инструмента и замена его при износе инструментами-дублерами; сборочные операции. Системы работают в ночное время в так называемом режиме «безлюдной» технологии.

Внимание читателей будет, по-видимому, привлечено к исследованиям и разработкам, связанным с обменом оперативной информацией о точности в процессе обработки деталей, собираемых на сборочном участке интегрированной ГПС, в целях опережающей коррекции точности и обеспечения сопрягаемости; к компоновочным, технологическим и информационным проблемам одновременной обработки сложных деталей несколькими станками; к методам автоматизированного контроля собранных в ГПС узлов по уровням вибраций и шума и т. д.

Книга не свободна от недостатков; в частности, имеет место некоторая фрагментарность в освещении ряда вопросов. Тем не менее, знакомство с материалом настоящей книги будет, безусловно, полезным, поможет составить более полное представление о техническом уровне ГПС Японии, а также об основных тенденциях их развития в ближайшем будущем.

Л. Ю. Лищинский

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящей книге описываются ГПС, разработанные в Японии.

В книге приведены решения по 60 ГПС, из которых 47 описаны подробно. Все описания сопровождаются компоновочными, информационно-управляющими структурами и техническими характеристиками.

Первые ГПС появились в мире во второй половине 60-х годов. Этому способствовало множество различных факторов, основными из которых являлись необходимость постоянного обновления продукции при снижении ее себестоимости, а также сокращение длительности производственного цикла.

Промышленные фирмы во всех странах мира сосредоточили свои усилия на разработке производственных систем, которые в максимальной степени удовлетворяли бы требованиям многономенклатурного производства в отношении степени автоматизации и гибкости, а следовательно, экономии трудовых ресурсов, производительности и эффективности. Параллельно с этим были разработаны многоцелевые станки широкой номенклатуры.

Первые ГПС назывались по-разному: «системами, объединяющими станки с ЧПУ и транспортные устройства», «системами, объединяющими станки с ЧПУ, управляющую ЭВМ и автоматические транспортные устройства», «системами высокой производительности для многономенклатурного производства» и т. д. В Японии существует много вариантов названий ГПС, но точное определение еще не сформулировано. Широко применяемый термин «ГПС» представляется также проблематичным. Свойство гибкости заключается по существу в возможности изменять процесс обработки.

ГПС наиболее успешно решают задачи автоматизации средне- и мелкосерийного производства. В то же время для этой цели на небольших промышленных предприятиях используются гибкие станочные модули, работающие в автоматическом режиме в течение трех смен.

В настоящем издании собраны подробные данные о ГПС, эксплуатирующихся в Японии. Подобные материалы были приведены в сборнике «Гибкие производственные системы в Европе и США». Для опубликования в сборнике издательством * были отобраны ГПС, представляющие наибольший практический интерес.

Авторы будут рады, если материалы настоящего издания окажутся полезными для читателей, занимающихся проблемами гибких производственных систем.

О к т я б р ь, 1982 г.

* Издательство «Масинисутто», Токио (Япония). — Прим. перев.

Глава 1

КАТАЛОГ ГПС ЯПОНИИ

Предлагаем вниманию читателей каталог ГПС Японии, составленный на основе исследований, проведенных в производственных условиях, и анализа литературных источников о ГПС, внедренных на промышленных предприятиях Японии. Во введении (п. 1.1) приводятся основные сведения о настоящем издании. По каждой ГПС, отмеченной звездочкой в п. 1.2, в п. 1.3, подробно описываются компоновочные и информационно-управляющие структуры, включая программное обеспечение для 47 ГПС. В конце главы приведен список литературы, в котором приводятся названия публикаций, содержащих подробные данные о японских ГПС.

1.1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящем издании в систематизированном виде публикуется наиболее важная информация о ГПС, внедренных в производство в Японии, собранная как на основе опубликованных данных, так и непосредственно в производственных условиях.

Объекты исследования. Так же как и в сборнике «ГПС в Европе и США», системы рассматриваются в широком диапазоне аспектов.

В настоящее время термин «гибкая производственная система» (ГПС) применяется к различным промышленным объектам. Обработка металлов резанием уже не является единственным его содержанием. Это понятие также относится к обработке листового металла, доводке, контролю, сборке и т. д. Указанные темпы распространения ГПС связаны с высокой степенью автоматизации и гибкостью, позволяющей расширять сферу их применения. Однако тенденции развития технологии и уровень развития техники в различных отраслях промышленности сильно разнятся между собой.

В настоящем сборнике, как и в издании, посвященном американским и европейским ГПС, в основном освещена обработка металлов резанием, и все системы рассмотрены с точки зрения совместимости, производительности и гибкости.

Условные обозначения. Сводные данные о системах приведены по фирмам — изготовителям металлорежущих станков и другого основного производственного оборудования, а внутри этих групп — в хронологическом порядке. Две буквы латинского алфавита в наименовании системы обозначают сокращенное название соответствующего промышленного предприятия; кроме того, в наименовании содержится порядковый номер.

Если в наименовании системы имеются смысловые обозначения, они указываются в скобках.

Если пользователем ГПС является фирма-изготовитель, то в наименовании указываются три буквы из названия фирмы-пользователя. Если название фирмы-изготовителя или фирмы-пользователя неизвестно, то в таблице ставится прочерк.

1.2. СВОДНЫЕ ДАННЫЕ О ГПС ЯПОНИИ

В приведенной ниже табл. 1 дается вся основная информация и технические характеристики систем, а также приведены номера литературных источников из списка литературы. Кроме того, в ней дается указание на наличие или отсутствие подробного описания той или иной системы в п. 1.3 — системы, помеченные звездочкой, подробно описаны в п. 1.3.

В таблице систематизированы все данные, какие возможно было получить о ГПС, уже внедренных в производство в Японии.

Компоновочные и информационно-управляющие структуры ГПС включают в себя объекты обработки и объемы производства, обрабатывающее оборудование, устройства для транспортирования. Способы переработки стружки, численность обслуживающего персонала и другая информация, не касающаяся основного оборудования, помещена в графе «Дополнительные замечания». Приведены также характеристики программного обеспечения, эксплуатационные характеристики, современное состояние системы и проблемы ее развития, даны ссылки на литературные источники. Характеристики программного обеспечения из-за отсутствия достаточной информации не всегда излагаются подробно. В ряде случаев не приводятся блок-схемы системы управления и характеристики управляющих комплексов из-за отсутствия информации о них.

Для большинства систем приведен список литературы, хотя мы старались указать в сводных данных все имеющиеся в литературе количественные и качественные показатели работы. Данные, полученные в результате практических исследований, приведены наравне со всеми остальными и никак не выделяются.

Терминология. Насколько это было возможно, мы старались употреблять общепринятую терминологию, но имеются и отклонения от этого принципа. По сравнению со сборником «ГПС Европы и США» имеются отличия в терминологии, касающейся транспортных подсистем. Обращаем внимание читателя на то, что тележки, движущиеся по рельсовому пути, называются «рельсовыми тележками», и тележки, движущиеся по безрельсовому покрытию пола, называются «безрельсовыми тележками».

1. Сводные данные о ГПС Японии

Но- мер по пор. стр. кни- ги	Наименование системы	Фирма-изготовитель Фирма-пользователь	Год нача- ла эк- плуа- та- цин	Наименование	Обрабатываемые детали				Производительность
					Форма	Количество изделий в партии	Материал	Максимальные габариты, мм	
1 28	ТУ-1 * «ТИПРОС»	«Тоёта коки» «Тоёта коки»	1972	Детали для металлорежущих станков	П		Чугун		500 шт/сут
2 30	ТУ-2 * «ТИПРОС»	«Тоёта коки» «Фудзи-дзэрокусу»	1972		П	14			6000 шт/сут
3 32	ТУ-3 * «ТИПРОС»	«Тоёта коки» «Тоёта дэндося»	1973	Корпуса и головки цилиндров автомобильных двигателей	П		Чугун	800×500×400	2000 шт/сут
4 36	ТУ-4 * (для асимметричных изделий)	«Тоёта коки» «Исикавадзима харима» завод в Курэ	1976	Детали для дизельных двигателей	П		Чугун и стальное литье	1500/2300×1100×1400	(10—100)
5 40	ТУ-5 * «ТИПРОС»	«Тоёта коки» «Ногё кикай»	1977	Детали для сельскохозяйственных машин	П	6	Чугун	600×600×400	Такт выпуска 15—30 мин
6 42	ТУ-6 * «ТИПРОС»	«Тоёта коки» «Дзиму кикай»	1977	Детали для канцелярского оборудования	П	63	Алюминий	500×500×400	Такт выпуска 10—20 мин

7 44	ТУ-7 * «ТИПРОС»	«Тоёта коки» «Рэон дзидоки»	1978	Детали оборудования для пищевой промышленности	П	50	Алюминий	600×600×600	2000 шт/сут (60)
8 47	ТУ-8 * «ТИПРОС»	«Тоёта коки» «Сангё кикай»	1979	Корпуса картеров для средних и крупногабаритных рефрижераторов	П	14	Чугун	800×800×800	Такт выпуска 150—200 мин (1)
9 50	ТУ-9 * «ТИПРОС»	«Тоёта коки» «Фусо сэйко»	1979	Металлические формы	П			500×500×500	
10 52	ТУ-10 * «ТИПРОС»	«Тоёта коки»	1979	Корпуса коробок	П	20	Чугун, алюминий	800×800×500×500	Такт выпуска 1—1,5 ч (50—100)
11	ТУ-11	«Тоёта коки»	1979	Корпуса и головки цилиндров	П		Чугун	800×500×400	2000 шт/сут
12	ТУ-12	«Тоёта коки» «Дэнки мэка»	1979	Детали для холодильников	П		Чугун	300×300×300	
13	ТУ-13	«Тоёта коки» «Дзидося мэка»	1981	Детали для автомобилей	П		Чугун		
14	ТУ-14	«Тоёта коки»	1982	Корпуса	П		Чугун		
15 55	HS-1 * (Стандартизированная система 102)	«Хитати сэйки» «Хитати сэйки» завод в Нарасино	1972	Детали для металлорежущих станков	П	80			Такт выпуска 7—100 мин
16	HS-2 (Стандартизированная система 801)	«Хитати сэйки»	1973	Корпуса для компрессоров	П				Такт выпуска 80—120 мин
17	HS-3 (Стандартизированная система 802)	«Хитати сэйки»	1973	Шатуны	П	8			

Но- мер по пор. стр. кин- ги	Наименование системы	Фирма-изготовитель Фирма-пользователь	Год нача- ла эксплу- та- ции	Наименование	Обрабатываемые детали				Производительность
					Форма	Количество видов изделий	Материал	Максимальные таба- реты, мм	
18 57	HS-4 * (Стандарти- зированная систе- ма 502)	«Хитати сэйки» «Санбу-Ханэуэру» завод в Самукава	1974	Корпуса клапанов для си- стем автоматического ре- гулирования	П	400	Чугун	Ширина 500, высота 440	Такт выпу- ска 3—10 мин (1—30)
19	HS-5 (Стандарти- зированная систе- ма 803)	«Хитати сэйки» «Ногё кикай»	1974	Корпуса цилиндров	П	9			
20 60	HS-6 * (Стандарти- зированная систе- ма 804)	«Хитати сэйки» «Ногё кикай»	1975	Корпуса цилиндров	П				Такт выпу- ска 6—16 мин
21 62	HS-7 * (Стандарти- зированная систе- ма 103)	«Хитати сэйки» «Кодзита сангё»	1976	Корпуса клапанов для пневматических машин	П	48	Коррозион- но-стойкая сталь		Такт выпу- ска 4—10 мин
22	HS-8 (Стандарти- зированная систе- ма 805)	«Хитати сэйки» «Ногё кикай»	1977	Детали для тракторов	П	5			Такт выпу- ска 6—12 мин
23 64	HS-9 * (Стандарти- зированная систе- ма 104)	«Хитати сэйки» «Ногё кикай»	1978	Корпуса коробок передач для тракторов	П	5	Чугун	760×350× ×320	Такт выпу- ска 50 мин (5)

24 66	HS-10 * (Стандар- тизированная си- стема 105)	«Хитати сэйки» «Кубота тэкко» завод в Цукуба	1979	Корпуса коробок передач для тракторов	П	30	Алюминий, чугун	850×850× ×850	Такт выпу- ска 4 мин (50—2000)
25 69	HS-11 * (Стандар- тизированная си- стема 106)	«Хитати сэйки» «Хитати сэйки» завод в Абики	1979	Детали для металлорежу- щих станков	П	120	Стальное литье, чугун	150—500	Такт выпу- ска 20— 120 мин (5— 40)
26	HS-12 (Стандарти- зированная систе- ма 806)	«Хитати сэйки» «Ногё кикай»	1980	Детали для тракторов	П	5			
27	HS-13 (Стандарти- зированная систе- ма 807)	«Хитати сэйки»	1981	Корпусные детали	ТВ				
28 71	TS-1 * (для асим- метричных деталей)	«Тосиба кикай» «Исикавадзима дзюко» завод в Курэ	1977		ТВ		Стальное литье, чугун	Ø 2000, дл. 1250	
29 73	TS-2 * (ХАКУЭЦУ СИСТЕМ)	«Тосиба кикай» «Китаэцу коги» завод в Есида	1980	Корпуса и цилиндры для компрессоров	П	40	Чугун		1800 шт/мес (1—10)
30 76	TS-3 * (ППМС)	«Тосиба кикай» «Тосиба тангарой» завод в Кавасаки	1980	Стержни резцов, фикса- торы резцедержателей	П ТВ	300 об- раз- цов		50×50× ×300, Ø 300×200	0,2—1 ч (10) 430 шт/мес
31 80	TS-4 * (для обра- ботки гребных вин- тов)	«Тосиба кикай» «Накасима пулопера»	1981	Ходовые винты для судов	П	Об- разцы 91 30 000		Ø 1000	30 шт/сут (1)
32 82	OK-1 * (ГПС МС-1)	«Окума тэцу косё» «Окума тэцу косё» завод в Огуги	1982	Головки, суппорты метал- лорежущих станков	П	95	Чугун	500×500× ×500	Такт выпу- ска 1,9 ч (5— 20)

Но- мер по пор. стр. кни- ги	Наименование системы	Фирма-изготовитель Фирма-пользователь	Год нача- ла эк- плуа- та- ции	Обрабатываемые детали					Производи- тельность
				Наименование	Форма	Количество видов изделий	Материал	Максималь- ные габари- ты, мм	
33 85	OK-2 *	«Окума тэцу косё»	1982	Заслонки для трубопрово- дов, наконечники для бу- рового инструмента	П	54	Специаль- ные стали		Такт выпу- ска 10 мин
34 87	MF-1 * (с самона- страивающимися многоцелевыми станками)	«Макнио фурайсу» «Янма дэйдзэру» завод в Амагаки	1972	Головки цилиндров для дви- гельных двигателей не- большой мощности	П	40	Чугун	400 × 600 × 200	Такт выпу- ска 40 мин (12—20)
35 88	MF-2 * (с устрой- ством для перестро- вки)	«Макино фурайсу» «Янма дэйдзэру» завод в Амагаки	1976	Корпуса цилиндров для мощных дизелей	П	10	Чугун	1200 × 1200 × 4000	Такт выпу- ска 40— 90 мин
36 90	YM-1 * (FMP)	«Ямадзакки тэцу косё» «Ямадзакки тэцу косё» основной завод	1981	Головки, стойки, основа- ния для металлорежущих станков	П	74		Макс. 3000 × 3000, средний 1000 × 1000	1400 шт/мес
37 94	FN-1 *	«Фанук» завод в Хино «Фанук»	1974	Детали для импульсных двигателей	ТВ			Ø 20—210	
38 96	FN-2 *	«Фанук» завод в «Фанук» Фудэн	1981	Детали для промывочных роботов: малогабаритные стойки, столы	П ТВ	450			250 столов в мес (5—20)
39 98	NT-1 *	«Нингата тэцу косё» «Нингата тэцу косё» завод в Нингата	1981	Головки цилиндров для дви- гельных двигателей сред- ней и большой мощности	П	30	Чугун		(6—30)

40 102	NGC-1 *	«Нингата конбата» завод в Кото		Детали преобразователей крутящего момента	П ТВ				
41 103	YK-1 *	«Ясуда когё»	1980	Коробки передач, редукто- ров, крепежные элементы	П	380	Чугун	400 × 400 × 400	(20—100)
42 105	HK-1 *	«Хитати сэйко» «Синмэйва когё» завод в Такарадзука	1982	Схваты, рычаги для про- мышленных роботов	П	80	Чугун, сталь	500 × 500 × 500	Такт выпу- ска 0,5—1 ч (10—40)
43	OKM-1 * (Техноло- гическая линия для обработки внутрен- них поверхностей деталей)	«Окамото косаку» завод в Аннака	1982	Средне- и крупногабарит- ные рамы	П		Чугун	800 × 800 × 800	
44	KM-1 * (Обработка валов трансмиссий мощных двигате- лей)	«Комацу сэйсакудзё» завод в Авадзу	1976	Валы трансмиссий	ТВ	45	Чугун	Ø 100 длина 656	
45	KM-2 * (Система для обработки де- талей для тяжело- весных самосвалов)	«Комацу сэйсакудзё» завод в Кавасаки	1979	Барабаны и водила плане- тарных передач для само- свалов	ТВ	130	Чугун	Ø 800 × 350	(6—48)
46	KM-3 * (для обра- ботки коробок пере- дач)	«Комацу сэйсакудзё» завод в Авадзу	1981	Коробки передач	ТВ	11			Такт выпу- ска около 4 мин
47	MR-1 * (Система с автоматическим транспортирова- нием и обрабаты- вающим центрами с ЦПУ)	«Мурата кикай» «Мурата кикай» завод в Инуяма	1981	Рамы и корпуса редукторов	П	30	Сталь, алю- миний, чу- гун	800 × 1000 × 500	Такт выпуска 40 мин (20—50)

Но- мер по пор. стр. кни- ги	Наименование системы	Фирма-изготовитель Фирма-пользователь	Год нач- ла эксплу- ата- ции	Наименование	Обрабатываемые детали					Производительность
					Форма	Количество изделий	Материал	Максимальные габари- ты, мм	Такт выпуска	
48 117	NYS-1 *	«Ниппон юсоки» основной завод	1981	Оси и корпуса трансмиссий для вилочных автопогруз- чиков	П	19				Такт выпуска 20—90 мин (20—70)
49 120	FUJ-1 * (Система группового управ- ления)	«Фудзи дэнки» завод в Судзука	1981	Оси двигателей	ТВ		Чугун	Ø 26—55× × 260—650		(Более 15)
50 122	BR-1 * (Линия по обработке транс- миссий)	«Бурадза коги» «Бурадза коги» завод в Мидзухо	1980	Рама, трансмиссии	П	6	Чугун	215×295× × 200		Такт выпуска около 5 мин (50)
51 126	KW-1 *	«Кавасаки дзюко» «Кавасаки дзюко» завод в Нисигами-то	1975	Корпуса клапанов для ра- диальных двигателей	ТВ	6	Чугун	Ø 254×185		Такт выпуска около 6 мин
52 128	KW-2 *	«Кавасаки дзюко» «Кавасаки дзюко» завод в Акаси	1978	Картеры малогабаритных двигателей	П	4	Алюминие- вые сплавы	300×250× × 100		Такт выпуска 40 с

53 130	TT-1 *	«Тэкидзава Тэккодзэ» «Хитати сэйсакудзэ» завод в Саяма	1980	Оси двигателей	ТВ					
54 132	SK-1 * (Линия с ЧПУ для чистовой обработки полу- осей)	«Сумитомо киндзоку» «Сумитомо киндзоку» сталелитейный завод		Оси для железнодорожных вагонов	ТВ		Сталь	Ø 130		3000 шт/мес (30—2000)
55 132	SK-2 * (Групповая обработка полу- осей)	«Сумитомо киндзоку» «Сумитомо киндзоку» сталелитейный завод		Оси железнодорожных ва- гонов	ТВ		Сталь	Ø 900		5000 шт/мес (30—2000)
56 135		«Дэнки мэка»	1979	Картеры для компрессоров	П	5	Чугун			Такт выпуска 30—35 мин (50—100)
57 136	* (Технологичес- кая линия для об- работки картеров)	«Дэнки мэка»	1980	Картеры для компрессоров	П	7	Чугун	Ø 180 × 170		Такт выпуска 4 мин (200)
58 139	TOS-1 *	«Тосиба дэнки» завод в Мизэ	1976	Оси двигателей	ТВ		Сталь	Ø 8—65 × × 200—800		5000 шт/мес
59	TOS-2	«Тосиба дэнки» завод в Фудзи	1978	Рама для компрессоров	П	6	Чугун, алю- миний	200 × 200 × × 300		146 шт/сут
60	TOS-3	«Тосиба дэнки» завод в Янагимати	1979	Детали для канцелярского оборудования	П		Алюминий, цинк	400 × 600 × × 80		

1. Сводные данные о ГПС Японии

Но- мер по пор. стр. кни- ги	Наименование системы	Обрабатываемое оборудование								Транспортные средства		Примечание	Список лите- ратуры
		Токарные станки	Сверлильные станки	Фрезеровальные станки	Многоцелевые станки	Шлифовальные стан- ки	Специальные станки	Общее количество	Инструменты	Способ транспорти- ровки	Количество		
1 28	ТУ-1 * «ТИПРОС»				2			2	60×2	Конвейер	1	Технологическая линия с групповым числовым про- граммным управлением станками	1, 4
2 30	ТУ-2 * «ТИПРОС»				4	1 СГ		5	40×4 РГ	Конвейер	1	ГПС с многоцелевыми станками с автоматической сменой револьверных голо- вок	24
3 32	ТУ-3 * «ТИПРОС»				8	1 СГ		9		Конвейер со спут- никами	1	Обработка на крупногаба- ритных многоцелевых станках	14, 61, 93
4 36	ТУ-4 * (для асим- метричных изделий)				4			4	60×4	Конвейер	1	Автоматическая обработка и транспортировка круп- ногабаритных изделий большой массы	15, 18
5 40	ТУ-5 * «ТИПРОС»		1		3	1 СГ		5	60×3 РГ	Безрельсовые те- лежки, конвейер	1	ГПС состоит из гибких производственных модулей	61
6 42	ТУ-6 * «ТИПРОС»				2			2	32×2	Безрельсовые те- лежки	1		

7 44	ТУ-7 * «ТИПРОС»				2			2	60×2	Безрельсовые те- лежки	1		25, 47
8 47	ТУ-8 * «ТИПРОС»				3			3	64×3	Безрельсовые те- лежки	1		
9 50	ТУ-9 * «ТИПРОС»				2			2	60+20	Конвейер	1	Криволинейный цепной транспортёр	10, 16
10 52	ТУ-10 * «ТИПРОС»				4			4	48×3+ +16	Вручную	1	Групповое ЧПУ многоце- левыми станками	
11	ТУ-11				9			9		Безрельсовые те- лежки		Гибкая технологическая линия с симметричной ком- поновкой	
12	ТУ-12	15 станций								Конвейер			
13	ТУ-13				4			4		Безрельсовые те- лежки			
14	ТУ-14	20 станций								Конвейер			
15 55	HS-1 * (Стандарти- зированная систе- ма 102)	1	1	2				9		Конвейер	> 4	Система группового ЧПУ	9
16	HS-2 (Стандарти- зированная систе- ма 801)				3			3			1		
17	HS-3 (Стандарти- зированная систе- ма 802)				2			3		Конвейер	1		
18 57	HS-4 * (Стандарти- зированная систе- ма 502)		2	3	1		2	8		Конвейер	1	Высокоэффективная гиб- кая обработка деталей сложной формы	13, 23, 46

Но- мер по пор. стр. кин- ки	Наименование системы	Обрабатывающее оборудование							Транспортные средства		Примечание	Список лите- ратуры
		Токарные станки	Сверлильные станки	Фрезеровальные станки	Многоцелевые станки	Шлифовальные стан- ки	Специальные станки	Общее количество	Инструменты	Способ транспорти- ровки		
19	HS-5 (Стандарти- зированная систе- ма 803)			4	2		4	10				
20 60	HS-6* (Стандарти- зированная систе- ма 804)	3		3	4		4 + 2 Ст	16		Конвейер	Симметричная компоновка	20, 28
21 62	HS-7* (Стандарти- зированная систе- ма 103)	6					2	8		Конвейер		21
22	HS-8 (Стандарти- зированная систе- ма 805)							2				
23 64	HS-9* (Стандарти- зированная систе- ма 104)				7			7	60 X X2 + + 30 X X5	Конвейер	Сдвоенная гибкая произ- водственная система	
24 66	HS-10* (Стандар- тизированная сис- тема 105)		1		6		1	8	30 X 6	Замкнутый конвей- ер		84

25 69	HS-11* (Стандар- тизированная сис- тема 106)				5			5		Конвейер	> 1	Автоматический склад	30
26	HS-12 (Стандарти- зированная систе- ма 806)							2			1		
27	HS-13 (Стандарти- зированная систе- ма 807)	2			1		1	4		Промышленный робот	1		
28 71	TS-1* (для асим- метричных деталей)	4						4	16 X 3	Безрельсовые те- лежки	1	ГПС для обработки круп- ногабаритных изделий	
29 73	TS-2* (ХАКУЭЦУ СИСТЕМ)				2			2	60 X 2		1	Упрощенные автоматиче- ские обрабатывающие мо- дули	48, 65
30 76	TS-3* (ППМС)	1			4	1		6		Вручную	1	Изделия повышенной точ- ности	44, 53, 76, 77
31 80	TS-4* (для обра- ботки гребных вин- тов)				1			1		Вручную	1		59
32 82	OK-1* (ГПС МС-1)				7			7	70 X 7	Индукционная те- лежка	1		96, 97
33 85	OK-2*	2			2			4		Промышленные ро- боты	1		57

Но- мер по пор. стр. кин- ги	Наименование системы	Обрабатывающее оборудование							Транспортные средства		Примечание	Список лите- ратуры
		Токарные станки	Сверлильные станки	Фрезеровальные станки	Многоцелевые станки	Шлифовальные станки	Специальные станки	Общее количество	Инструменты	Способ транспортировки		
34 87	MF-1* (с самонастраивающимися многоцелевыми станками)				5			5	60×4× +100	Конвейер	Обработка деталей средних габаритов	3, 5, 66
35 88	MF-2* (с устройством для перестановки)				10			10	20×8		Многоцелевые станки расположены вдоль конвейера	2, 66
36 90	УМ-1* (FMF)				10+ +8			18		Безрельсовая тележка	Система с централизованной автоматической доставкой инструмента	71, 90, 95
37 94	FN-1*	8						8		Промышленные роботы	Автоматическая загрузка деталей различной формы	11, 12
38 96	FN-2*	5		23	4			32		Индукционная тележка	ГПС с обрабатывающими модулями	26, 39, 42, 49, 54, 68, 91, 85, 91
39 98	NT-1*	1		4				6	60×4+ +12	Конвейер, самоходная тележка	Обработка и транспортирование на приспособлениях-спутниках	27, 40, 63, 70, 75, 80, 89, 94

40 102	NGC-1*	4	2		4		5	15		Вручную	Применены обрабатывающие модули	69
41 103	УК-1*			2				2		Вручную	Обработка средне- и малогабаритных деталей с помощью безлюдных обрабатывающих модулей	
42 105	НК-1*				2			2		Безрельсовая тележка		
43 107	ОКМ-1* (Технологическая линия для обработки внутренних поверхностей деталей)			2				2		Индукционная тележка	Подсистема управления ГПС интегрирована с системой управления заводом	
44 109	КМ-1* (Обработка валов трансмиссий мощных двигателей)	2	1				6	9		Автоматический манипулятор	ГПС для обработки валов	
45 110	КМ-2* (Система для обработки деталей для тяжелых весных самосвалов)	6	1	3			1	12	192	Индукционная тележка		60, 98
46 113	КМ-3* (для обработки коробок передач)	1					3	4		Промышленный робот	Использование гибких модулей	
47 114	MR-1* (Система с автоматическим транспортированием и обрабатывающими центрами с ЧПУ)			6				6		Индукционная тележка	Система с автоматическим складом	38, 50, 51, 73, 87

Продолжение табл. 1

Но- мер по пор. стр.- ки- ги	Наименование системы	Обрабатывающее оборудование								Транспортные средства		Примечание	Список лите- ратуры
		Токарные станки	Сверлильные станки	Фрезеровальные станки	Многошпиндельные станки	Шлифовальные станки	Специальные станки	Общее количество	Инструменты	Способ транспортировки	Количество		
48 117	NYS-1 *	5	1	1	1	4		11	134	Индукционная тележка	1		45, 64, 72, 81, 86
49 120	FUJ-1 * (Система группового управления)	2			1	1		4		Автоматический манипулятор	1		
50 122	BR-1 * (Линия по обработке трансмиссий)		9	13			3	23	По 12 на станок	Автоматический манипулятор	1	Гибкая технологическая линия	31, 36, 56, 79
51 126	KW-1 *	3	4	3				10		Промышленные роботы	1	Система с загрузкой тележек с помощью промышленных роботов	58
52 128	KW-2 *	8 ячеек с общим количеством станков			14				4—15 на головку		1	Стайки со сменными револьверными головками	29

53 130	TT-1 *	2					1	3		Конвейер, автоматический манипулятор	1		
54 132	SK-1 * (Линия с ЧПУ для чистовой обработки полуосей)	1			2			3		Конвейер, автоматический манипулятор	1		
55 132	SK-2 * (Групповая обработка полуосей)	3						3		Автоматический манипулятор	1		
56 135					2			2			1	Одношпиндельная и многошпиндельная обработка	
57 136	* (Технологическая линия для обработки картеров)			4	3		1	8		Шаговый транспортный конвейер	1		
58 139	TOS-1 *	2				1	2	5		Конвейер, автоматический манипулятор	1	ЧПУ типа DNC и CNC	
59	TOS-2		1		2			3		Конвейер	1		
60	TOS-3		2	5	3			10		Конвейер	1		

Примечания: П — изделия прямоугольной, коробчатой формы; ТВ — изделия круглой формы, тела вращения; СГ — сменная головка; РГ — револьверная головка.

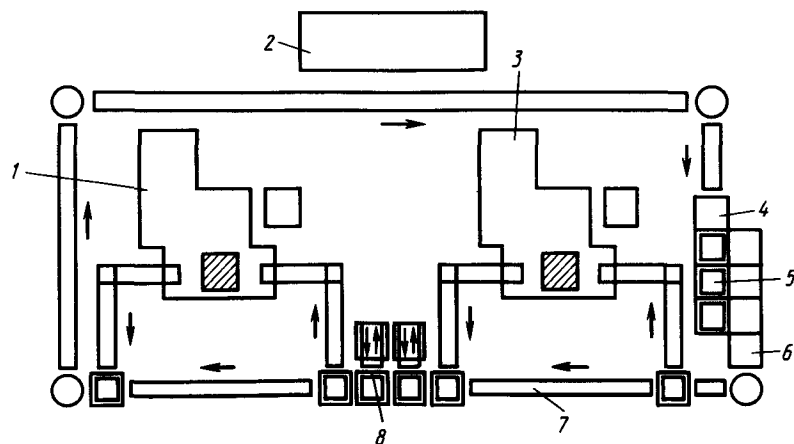


Рис. 1.

1 — горизонтальный многоцелевой станок; 2 — центральный пульт управления; 3 — горизонтальный многоцелевой станок CHN363-1; 4 — станция разгрузки спутников; 5 — устройство для подачи спутников; 6 — станция загрузки; 7 — транспортер; 8 — буферный накопитель спутников

1.3. КОМПОНОВОЧНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СТРУКТУРЫ ГПС

Гибкая производственная система ГТУ-1*

Основные сведения

Особенности системы	Модульная система для обработки деталей мелкими сериями. Технологическая линия с числовым программным управлением
Фирма-изготовитель	«Тоёта коки»
Фирма-пользователь	«Тоёта коки»
Год начала эксплуатации	1972
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Детали для металлорежущих станков
Форма и материал	Корпусные детали, чугунные отливки
Максимальные габариты, мм	500×500×500
Объем производства:	
Расчетная производительность, шт/мес	500
Фактическая производительность, шт/мес	500

Компоновочная структура ГПС ГТУ-1 приведена на рис. 1.

Состав основного оборудования

1. Два горизонтальных многоцелевых станка типа CHN363-1 (изготовлены фирмой «Тоёта коки»). Управление ведется по трем координатным осям. Поворотный делительный стол с 8 или 4 фиксированными

* См. [1, 4]. (Здесь и далее см. список литературы к гл. 1)

положениями через 45 или 90°. Величина перемещения по координатным осям X, Y, Z соответственно 800, 630 и 500 мм. Частота вращения шпинделя 31,5—1600 мин⁻¹. Мощность электродвигателя главного привода 7,5 кВт. Двигатель постоянного тока. Точность позиционирования ±0,02 мм на длине 300 мм. Точность поворота стола ±5°. Имеется программируемый инструментальный магазин на 60 инструментов. Время смены инструмента 12 с.

2. На одном многоцелевом станке выполняются фрезерование и расточка, на другом — сверление и нарезание резьбы.

3. Первый многоцелевой станок имеет числовое программное управление посредством мини-ЭВМ (память 4 К слова), управление ведется одновременно по двум координатам. Система с обратной связью. Возможно позиционное и контурное управление. Второй многоцелевой станок имеет систему управления типа MCU.

Состав транспортной подсистемы

1. Замкнутый конвейер.

2. Между погрузочным и разгрузочным конвейерами имеется устройство для установки спутников, причем одновременно устанавливаются три спутника. На станцию загрузки спутники подаются из накопителя по команде оператора.

3. Габариты спутника 500×700 мм. Каждый спутник закодирован.

4. Цикл обработки детали начинается с ввода в устройство ЧПУ кода спутника и номера обрабатываемой детали.

5. Имеется межоперационный накопитель емкостью в три спутника.

Основные характеристики Модульная система ЧПУ для обработки деталей мелкими сериями.

Функции программного обеспечения

1. Возможности подсистемы управления

Обработка ведется по командам, поступающим от устройства ЧПУ. Имеется набор программ. Есть возможность изменения маршрута обработки.

Возможен неполный прогон программы. Информация выдается на дисплей с электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ) (номер детали, материал, данные об инструменте). Управляющую программу можно корректировать.

2. Возможности управления конвейерами.

Осуществляется сверка номера обрабатываемой детали и кода спутника.

Принимается решение о маршруте и графике подачи деталей.

Программа обработки соответствует коду спутника.

3. Возможности управления производственным процессом.

Наблюдения ведутся с помощью дисплея с ЭЛТ. Данные печатаются также на бумажной ленте.

Маршрут обработки корректируется по телетайпу.

Осуществляется учет времени использования инструмента.

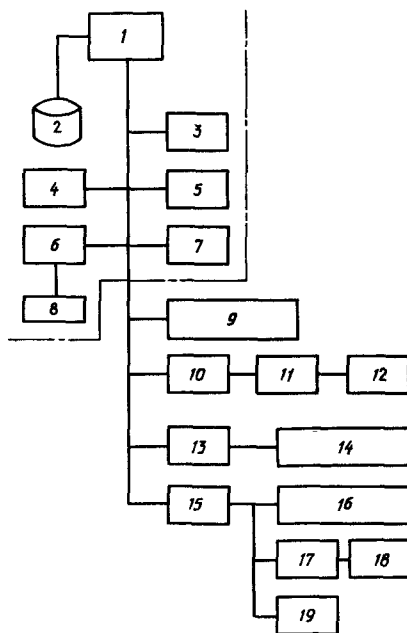


Рис. 2.

1 — мини-ЭВМ, 12 К слов; 2 — магнитные диски; 3 — модем; 4 — телетайп; 5 — дисплей с ЭЛТ; 6 — устройство для ввода данных с перфоленки; 7 — перфоратор; 8 — приемник бумажной ленты; 9 — пульт управления основным оборудованием; 10 — преобразователь устройства управления транспортерами; 11 — устройство управления транспортерами; 12 — транспортеры; 13 — микропрограммное устройство управления; 14 — многоцелевой станок CHN363-I; 15 — ЧПУ типа CNC; 16 — многоцелевой станок CHN363-I; 17 — устройство для ввода данных с перфоленки; 18 — приемник бумажной ленты; 19 — телетайп

Ведется самодиагностика отработки управляющей программы.

Автоматизирован учет работы станков.

Информационно-управляющая структура ГПС ТУ-1 приведена на рис. 2.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. ЭВМ NOVA MOI с оперативной памятью 16 К слов и с внешней памятью на магнитных дисках 128 К слов.

2. Дисплей с ЭЛТ, телетайп, устройство для считывания с бумажной перфоленки, перфоратор.

Фирменное название управляющей программы: ТИПРОС.

Эксплуатационные характеристики.

Время разработки 1 год.

Количество разработчиков 5 человек.

Фирма-разработчик «Тоёта коки».

Современное состояние и проблемы развития системы

В 1972 г. были показаны образцы металлорежущего оборудования для этой системы. ЭВМ большой мощности установлена в главной конторе фирмы, и с ней можно связаться по каналам телефонной связи.

Гибкая производственная система ТУ-2 *

Основные сведения

Особенности системы. ГПС высокой производительности с многоцелевыми станками с револьверными головками

* См. [24].

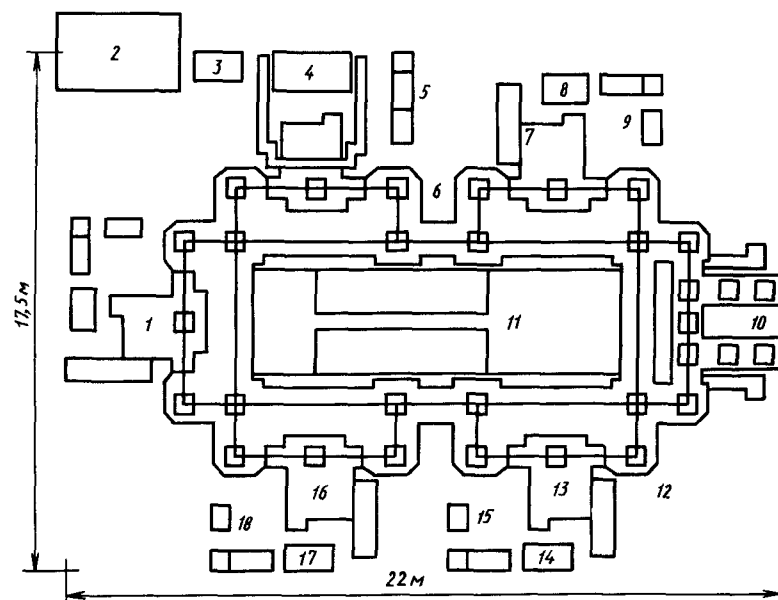


Рис. 3.

1 — горизонтальный многоцелевой станок; 2 — система управления «Фанук ТО»; 3, 8, 14, 16 — блоки питания; 4 — многоцелевой станок со сменной револьверной головкой CHN450-I; 5, 9, 15, 18 — блоки управления многоцелевого станка; 6 — моечная станция; 7 — многоцелевой станок CHN350-I; 10 — загрузочно-разгрузочная станция; 11 — контейнеры для сбора стружки; 12 — транспортер; 13 — горизонтальный многоцелевой станок CHN350-I; 16 — горизонтальный многоцелевой станок CHN450-I

Фирма-изготовитель «Тоёта коки»

Фирма-пользователь «Фудзи-дзэроккусу»

Год начала эксплуатации 1972

Обрабатываемые изделия:

Наименование Детали 14 наименований для конторского оборудования

Форма и материал Изделия прямоугольной формы из алюминия и коррозионно-стойкой стали

Объем производства:

Расчетная производительность Такт выпуска 3 мин

Компоновочная структура ГПС ТУ-2 приведена на рис. 3.

Состав основного оборудования

1. Четыре горизонтальных многоцелевых станка: три — типа CHN-350 и один — CHN-450. Изготовлены фирмой «Тоёта коки». Инструментальный магазин на 40 инструментов.

2. Многоцелевой станок фирмы «Тоёта коки» с автоматической револьверной головкой. 48 многошпиндельных головок могут быть раз-

мещены на шести шпинделях, т. е. на каждом шпинделе может быть установлено восемь головок, которые могут быть последовательно использованы при обработке.

3. Каждый многоцелевой металлорежущий станок оборудован своей моечной станцией. Изделия 14 наименований могут подвергаться 20 видам механической обработки.

Состав транспортной подсистемы

1. Цепной конвейер с захватами.
2. Установлено вращающееся устройство для распознавания кодов спутников. Имеется вспомогательное оборудование. Фиксируется окончание цикла обработки. Осуществляется идентификация обрабатываемой детали, установленной на спутнике.

Дополнительные замечания

Стружка, отходящая от станков, собирается в специальном контейнере, где ее очищают, а затем пакетируют.

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Основные характеристики | <ol style="list-style-type: none"> 1. Применение многоцелевого станка со сменными револьверными головками сокращает время рабочего цикла. 2. Программа управления выбирается по команде устройства определения кода на спутнике и типа обрабатываемой детали. 3. Дальнейшее расширение системы облегчается тем, что применены модульные типы металлорежущего оборудования и конвейеров. |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Фирменное название управляющей программы «Фанук ТО»

Гибкая производственная система ТУ-3 *

Основные сведения

Особенности системы	Обработка опытных образцов в комбинированной системе с крупногабаритными многоцелевыми станками
Фирма-изготовитель	«Тоёта коки»
Фирма-пользователь	«Тоёта», автомобильный завод
Год начала эксплуатации	1973
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Блоки цилиндров автомобильных двигателей, головки цилиндров (опытные образцы).
Форма и материал	Корпусные детали, чугунные отливки
Максимальные габариты, мм	800×500×400
Объем производства:	
Расчетная производительность, шт/мес	2000.

Компоновочная структура ГПС ТУ-3 приведена на рис. 4.

* См. [14, 61, 93].

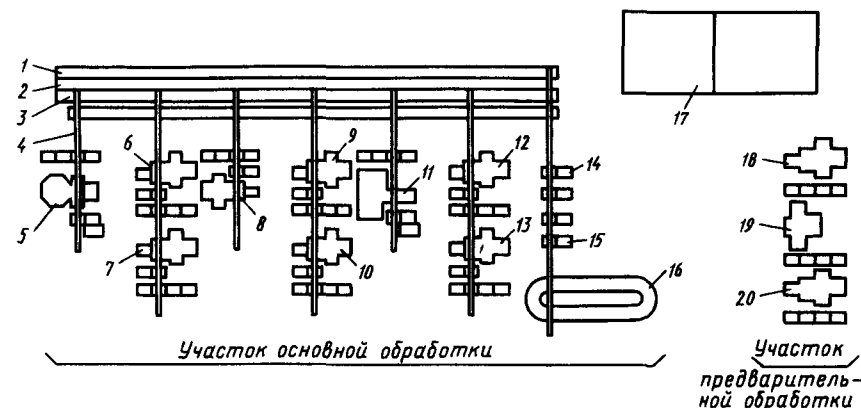


Рис. 4.

1 — транспортер возврата; 2 — главный транспортер; 3 — буферный транспортер-накопитель; 4 — секция подачи транспортера; 5 — горизонтальный многоцелевой станок DIN480-1; 6, 7, 8, 9, 10 — горизонтальный многоцелевой станок CHN480-1; 11 — многоцелевой станок со сменной револьверной головкой; 12, 13 — горизонтальный многоцелевой станок CHN380-1; 14 — станция загрузки; 15 — станция загрузки; 16 — накопитель спутников; 17 — зал ЭВМ; 18, 20 — горизонтальный многоцелевой станок; 19 — вертикальный многоцелевой станок

Состав основного оборудования

1. Четыре горизонтальных многоцелевых металлорежущих станка «Тоёта коки», CHN380-1, CHN580-1, DTN480-1. В многоцелевом станке CHN380-1 управление ведется по трем координатам, в остальных станках — по четырем координатам. В многоцелевом станке DTN-480 имеется автоматический магазин на 8 инструментов, в остальных — автоматические инструментальные магазины на 60 инструментов. Способ управления станком CHN480-1 BTR (система МЕЛДАС). Способ управления остальными станками MCU.

2. Многоцелевой станок с автоматической револьверной головкой изготовлен фирмой «Тоёта коки». Управление ведется по четырем координатам. Частота вращения шпинделя 31,5 — 1600 мин⁻¹. Электродвигатель постоянного тока мощностью 11 кВт. Револьверная головка имеет 32 гнезда. Способ управления головкой MCU.

3. Устройства 9 и 10 (см. рис. 4) составляют группу, предназначенную для чистовой обработки резанием и пробивки отверстий. Устройство 8 составляет группу для многошпиндельного сверления. Устройства 5, 6 и 7 составляют еще одну группу для сверления. Устройства 18 и 19 — это группа для развертывания отверстия, 20 — группа для выполнения операций по нарезанию резьбы.

4. Прецизионные многоцелевые станки 18 и 19 предназначены для развертывания отверстий. Многоцелевой станок 20 имеет револьверную головку. Станок 11 имеет дополнительный шпиндель для сверления глубоких отверстий.

5. Вертикальный многоцелевой станок марки FTN380-1 производства фирмы «Тоёта коки» имеет управление по трем координатам. Частота

вращения шпинделя изменяется от 45 до 2000 мин⁻¹, мощность электродвигателя 7,5 кВт. Способ управления *BTR*. В станке имеется автоматический магазин на 8 инструментов. Устройство числового программного управления марки 260В фирмы «Фанук».

6. Два вертикальных многоцелевых металлорежущих станка *CHN580-1* (фирмы «Тоёта коки») с управлением по пяти координатам. Частота вращения шпинделя 31,5 — 1600 мин⁻¹. Электродвигатель постоянного тока мощностью 11 кВт. Способ управления *BTR*. Автоматический магазин на 60 инструментов. Устройство числового программного управления марки 260В фирмы «Фанук».

Состав транспортной подсистемы

1. Подающий транспортер, транспортер возврата и транспортер-накопитель обслуживают группу из семи многоцелевых станков. Транспортер-накопитель рассчитан на восемь спутников.

2. Подающий транспортер рассчитан на 20 спутников. На загрузочной станции определяется номер обрабатываемой детали и код соответствующего спутника, на который устанавливается эта деталь.

Дополнительные замечания

Отдельные детали могут быть направлены с подающего транспортера непосредственно на многоцелевой станок, минуя транспортер-накопитель, по сигналу с загрузочной станции.

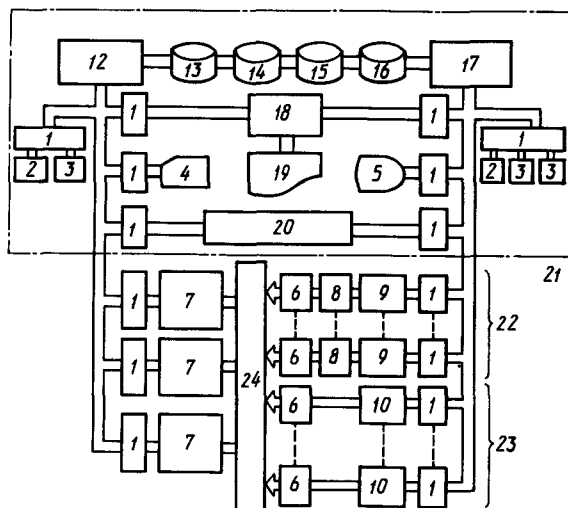


Рис. 5. Блок-схема системы управления:

1 — интерфейс; 2 — телетайп; 3 — принтер; 4 — устройство для ввода данных с перфокарт; 5 — дисплей с ЭЛТ; 6 — многоцелевые станки; 7 — программируемые управляющие устройства «Тоёпак»; 8 — устройства системы ЧПУ многоцелевых станков; 9, 10 — устройства управления станками; 11 — накопитель на магнитных дисках; 12 — ЭВМ-1, 16 К слов; 13 — пакет 1; 14 — пакет 2; 15 — пакет 3; 16 — пакет 4; 17 — ЭВМ-2; 18 К слов; 18 — интерфейс; 19 — АЦПУ; 20 — центральный дисплей; 21 — зал ЭВМ; 22 — пять станков; 23 — семь станков; 24 — транспортер

Информационно-управляющая структура ГПС *ТУ-3* приведена на рис. 5.

Основные характеристики 1. Операции фрезерования, сверления, нарезания резьбы, развертывания закреплены за отдельными станками и число многоцелевых станков соответствует необходимой станкоемкости.
2. С целью обработки сложных деталей расширен состав комплекса и увеличена его гибкость.

Возможности системы управления и ее характеристики

1. Файл данных для систем ЧПУ; прием данных для систем ЧПУ; контроль правильности использования данных для систем ЧПУ; подготовка регистра переадресации данных для систем ЧПУ; организация блока сравнения («да» или «нет»); копирование данных на диски; подготовка списков данных систем ЧПУ; подготовка перфолент для систем ЧПУ; реорганизация и стирание данных систем ЧПУ; коррекция данных систем ЧПУ.
2. Обработка информации об инструменте: подготовка таблицы и списков инструментов; подготовка таблицы и списка коррекции инструментов.
3. Управление транспортерами: подготовка таблицы и списка спутников; формирование списка указаний по специальным и срочным заказам; подготовка списка указаний по использованию спутников; выбор программы управления перемещением обрабатываемой детали внутри системы; составление расписания для считывания кодов спутников; коррекция результатов, мониторинг.
4. Диагностика отказов: диагностика отказов станков; диагностика отказов транспортеров; поиск места прерывания цикла; проверка системы ТОЕПАК.
5. Обработка другой производственной информации: подготовка сводной таблицы результатов обработки; расчет коэффициента использования оборудования; расчет конфигурации заготовки; контроль прохождения деталей по технологическому маршруту; учет рабочего времени; прогноз сроков выполнения заказов.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Имеются две мини-ЭВМ *NOVA MO1*. Одна мини-ЭВМ управляет работой металлорежущего оборудования, другая — работой транспортов. Каждая ЭВМ имеет оперативную память на 16 К слов и внешнюю память на магнитных дисках емкостью 256×4 К слов.

2. Имеется алфавитно-цифровое печатающее устройство телетайпного типа, дисплей с ЭЛТ, устройство для считывания перфокарт, перфоратор.

Характеристики программного обеспечения

1. Одновременно применяются два способа управления; транспортерами управляет ЭВМ.

2. Имеется возможность проверки программы управления, а также возможность расширения объема производства.

3. В компьютерном зале определяется возможность обработки детали, составляется маршрутная карта с учетом библиотеки программ ЧПУ и данных обрабатываемой детали. Базовыми данными являются таблица применяемого инструмента, список соответствия номеров спутников и обрабатываемых деталей, а также таблица коррекций положений инструмента.

Фирменное название программы — «ТИПРОС» (практически используется программное обеспечение фирмы «Тоёта»).

Эксплуатационные характеристики:

время разработки два года;

фирма-изготовитель обрабатывающего оборудования «Тоёта коки» и «Тоёта дзидося».

Гибкая производственная система ТУ-4*

Основные сведения

Особенности системы	Автоматическая обработка и автоматическое транспортирование корпусных деталей большой массы
Фирма-изготовитель	«Тоёта коки»
Фирма-пользователь	«Исикавадзима харима», второй завод в Курэ
Год начала эксплуатации	1977
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Детали для дизельных двигателей
Форма и материал	Корпусные детали, сталь, чугунное литье
Максимальные габариты, мм	1500/2300 × 1100 × 1400, масса 1500 кг.
Средний размер партии запуска, шт. .	10—100

Компоновочная структура ГПС ТУ-4 приведена на рис. 6.

* См. [15, 18].

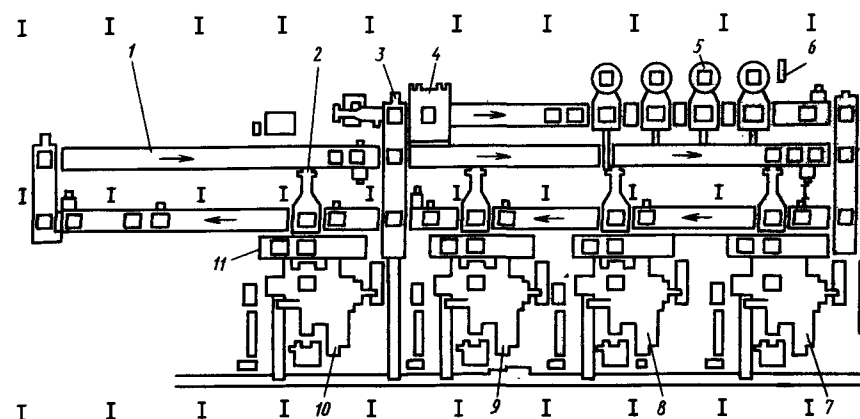


Рис. 6.

1 — транспортер возврата; 2 — устройство для захвата спутников; 3 — устройство для передачи тележек; 4 — моечная станция; 5 — загрузочно-разгрузочная станция; 6 — пульт управления; 7, 8, 9 — горизонтальный многоцелевой станок *CHN4112-12128-D-60T*; 10 — горизонтальный многоцелевой станок *CHN4112-23128-D-60T*; 11 — устройство для замены спутников

Состав основного оборудования

1. Виды операций: фрезерование, сверление, растачивание, завертывание болтов, подгонка.

2. Четыре горизонтальных многоцелевых станка фирмы «Тоёта коки»: три — мод. *CHN4112-12128D* и один — мод. *CHN4112-23123D*. Управление по четырем координатам: *X, Y, Z, B*; осуществляется горизонтальное сверление. Имеется автоматический инструментальный магазин на 60 инструментов. Главный шпиндель приводится от электродвигателя постоянного тока мощностью 15 кВт; диапазоны обработки при расточке отверстий $\varnothing 50$ —300 мм на длине 300 мм; при сверлении $\varnothing 6$ —65 мм на длине 400 мм; при нарезании резьбы метчиками $\varnothing 8$ —66 мм; точность обработки допускает применение болтов второго класса *IIS**; точность подгонки *H7—H8*; чистота поверхности $Ra = 3,2$; угловое отклонение от горизонтали 0,03/500 мм, от вертикали 0,02/500 мм, непараллельность 0,02/500, эксцентриситет 0,01, конусность 0,02/300 мм.

3. Многоцелевые станки сосредоточены в трех группах. В каждой группе ведется обработка определенных деталей. На каждом многоцелевом станке выполняется максимальное количество операций. В настоящее время во второй группе многоцелевых станков имеется три станка, в первой группе — один. Каждый многоцелевой станок обслуживается автоматическим устройством для смены спутников.

* Японский промышленный стандарт.— Прим. перев.

Состав транспортной подсистемы

1. Автоматическое транспортирование осуществляется цепными транспортерами. Имеются три транспортера: подающий, возвратный и транспортер-накопитель. Емкость транспортера-накопителя 10—14 спутников. Емкость возвратного транспортера — шесть спутников. Скорость транспортирования 10 м/мин. Осуществляется считывание кодов спутников (0-127), и в соответствии с кодом производится управление их движением.

2. Имеются спутники двух размеров: 950×950 мм для обычных и 950×1500 мм — для крупногабаритных деталей. Перемещение спутников осуществляется крючками, укрепленными на цепи. Возможно транспортирование спутников по рельсовому пути на тележках. Масса спутника около 1000 кг. В первой группе спутники для крупногабаритных изделий транспортируют к устройству для их замены с помощью подъемного крана.

3. Устройство для смены спутников оснащено гидравлическим подъемником.

4. В состав системы входят четыре погрузочно-разгрузочных устройства гидравлического типа, которые могут поворачиваться на 360°.

Дополнительные замечания

1. Моечное устройство может поворачиваться на 360°. Привод устройства гидравлический. Стружка удаляется обдувом воздухом из соплового аппарата.

2. Работают две системы удаления стружки: каждый многоцелевой станок оборудован конвейером для стальной стружки, а для литейных отходов имеется накопительный конвейер.

3. В дневное время систему обслуживают два человека, в ночное — один. Максимальный коэффициент использования оборудования для механической обработки — 0,8, средний — 0,6.

Информационно-управляющая структура ГПС ТУ-4 приведена на рис. 7.

Основные характеристики Каждый многоцелевой станок оснащен системой стабилизации нагрузки на инструменте за счет управления подачей в зависимости от величины тока нагрузки в двигателе привода главного движения.

Функции верхнего уровня управления

1. Автоматическая подготовка управляющих программ.
2. Передача данных для систем ЧПУ.

Функции нижнего уровня управления

1. Считывание управляющей программы.
2. Прием производственных заданий.

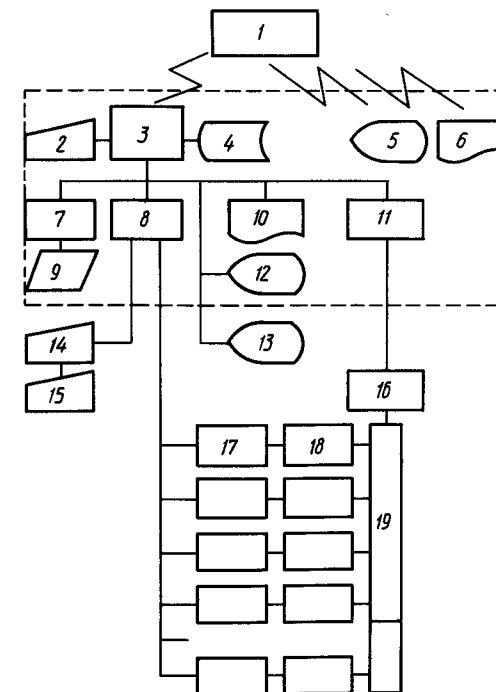


Рис. 7.

1 — ЭВМ S/370 верхнего уровня иерархии системы управления; 2 — ввод данных с пульта; 3 — ЭВМ S/7; 4 — накопитель на магнитных дисках; 5 — дисплей с ЭЛТ; 6 — АЦПУ; 7 — устройство ЧПУ «Тоснук 1400»; 8 — графопостроитель; 9 — интерфейс «Тоснук 1900»; 10 — АЦПУ; 11 — интерфейс «Тоёпак»; 12, 13 — дисплей с цветной ЭЛТ; 14 — центральный дисплей; 15 — дисплей инструментального отделения; 16 — программируемый контроллер «Тоёпак»; 17 — клавиатура устройства управления «Тоснук 130»; 18 — многоцелевые станки; 19 — транспортёр

3. Регистрация фактической выработки.

4. Контроль состояния инструмента.

5. Контроль работы многоцелевых станков и транспортеров.

Функции центрального дисплея

1. Регистрация номеров заготовок, спутников, обрабатываемых станков.

2. Запрос информации о состоянии спутников.

3. Регистрация сбоев в работе многоцелевых станков, устройств ЧПУ, транспортеров.

4. Контроль срока службы инструмента.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. В системе используется ЭВМ типа IBM S/7-E с магнитными дисками 5022.

2. Для циклового управления применен программируемый контроллер типа ТОЕПАК.

3. Имеются устройства ЧПУ: ТОСНАК 130, ТОСНАК 1900 и графопостроитель ТОСНАК 1400.

4. Имеются также два дисплея с ЭЛТ: центральный дисплей и дисплей подсистемы инструментального обеспечения и быстро печатающее устройство.

Особенности системы управления

1. Применена иерархическая система управления.
2. Программа обработки задается вручную.
3. Управление циклом работы многоцелевых станков, транспортеров и другого вспомогательного оборудования осуществляет программируемый контроллер, которым управляет ЭВМ.
4. Управляющая ЭВМ получает информацию от ЭВМ верхнего уровня. Это машина типа *IBM S/370*. Управляющая ЭВМ осуществляет редактирование данных для систем ЧПУ и программирование.
5. Математическое обеспечение разработано фирмой-изготовителем самостоятельно при консультации фирмы «Тоёта коки ТИПРОС». Фирменное название управляющей программы — «ТИПРОС». Фирмы-разработчики: «Исикавадзима харима», «Тоёта коки», «Токе сибатура дэнки», «*IBM*»

Современное состояние и проблемы развития системы

1. С целью расширения номенклатуры обрабатываемых изделий было установлено четыре многоцелевых станка.
2. Заготовки на многоцелевые станки могут поступать не только с данного завода, но также с других заводов. При составлении производственной программы необходима оценка проектной производительности оборудования.

Гибкая производственная система ГУ-5*

Основные сведения

Особенности системы	Использование гибких производственных модулей
Фирма-изготовитель	«Тоёта коки»
Фирма-пользователь	«Ногё кикай» (фирма по производству сельскохозяйственных машин)
Год начала эксплуатации	1977
Обрабатываемые детали:	
Наименование	Корпуса коробок передач для тракторов, в т. ч. корпуса валов отбора мощности — всего 40 видов.
Форма и материал	Корпусные детали, чугунное литье
Максимальные габариты, мм	600×600×400
Объем производства:	
Такт выпуска, мин	15—30
Фактическая производительность, шт/сут	70—90 (средний размер партий 40 шт.)

Компоновочная структура ГПС ГУ-5 приведена на рис. 8.

Состав основного оборудования

1. Двухшпиндельный фрезерный станок с ЧПУ. Величина перемещения стола 1350 мм. Имеется поворотный стол с углом поворота 90°. Главная

* См. [61].

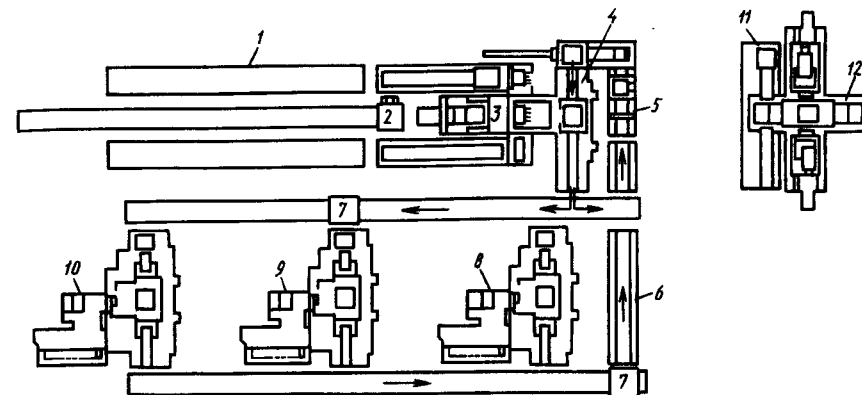


Рис. 8.

1 — стеллаж для головок; 2 — манипулятор для подачи сменных головок; 3 — горизонтальный многоцелевой станок; 4 — устройство для замены спутников; 5 — загрузочно-разгрузочная станция; 6 — транспортер; 7 — рельсовая тележка; 8, 9, 10 — горизонтальные многоцелевые станки *CHN363*; 11 — устройство для замены спутников; 12 — двухшпиндельный фрезерный станок с ЧПУ

ось может перемещаться на 400 мм. Мощность двигателя переменного тока главного привода 15 кВт. Скорость вращения 50/80 мин⁻¹. Диаметр обработки 510 мм. Управление по трем координатам. Применена система прямого управления.

2. Многоцелевой станок со сменными револьверными головками (в автоматическом режиме). Угол поворота стола 90°. Главная ось может перемещаться на 1200 мм. Мощность двигателя постоянного тока главного привода 11 кВт. Скорость вращения 100—500 мин⁻¹ (восемь ступеней). Размер револьверной головки 700×700 мм. Имеется набор из 54 револьверных головок. Применена система прямого управления.

3. Три многоцелевых станка (*CHN363* фирмы «Тоёта коки»). Перемещения по координатам X, Y, Z соответственно 1000, 655 и 710 мм. Автоматический магазин на 60 инструментов. Применена система прямого управления. Все три станка работают одновременно.

Состав транспортной подсистемы

1. Две самоходные тележки. Грузоподъемность 600 кг, скорость перемещения 40 м/мин, система останова — принудительная.

2. Подача от станций загрузки-разгрузки до многоцелевого станка осуществляется по роликовому конвейеру.

3. Размер спутника 630×630 мм. Каждому из них может быть присвоен код от 1 до 63. Код считывается пневматическим датчиком. По коду определяется место назначения спутника и выбирается программа обработки. В системе хранится 40 программ. На один спутник можно вызвать две программы.

4. Револьверные головки на многоцелевых станках меняются автоматически. Они подаются конвейером в зону многоцелевого станка и меняются автооператором.

Дополнительные замечания

1. Станция загрузки-разгрузки имеет возможность поворачиваться на 360° .

2. Для управления конвейером применяется программируемый контроллер «ТОЕПАК».

3. Систему обслуживает один человек в смену при двухсменной работе.

Основные характеристики ... 1. Высокая производительность и гибкость благодаря применению многоцелевых станков со сменными револьверными головками.
2. После передачи программы управления идет непрерывная последовательная обработка.

ЭВМ и периферийное оборудование

Программируемый контроллер «ТОЕПАК»

Характеристики программного обеспечения

Программа, соответствующая обрабатываемой детали, управляет конвейером.

Фирменное название управляющей программы

Пакет прикладных программ разработан фирмой «Тоёта коки».

Время разработки системы 1 год.

Состояние системы и проблемы ее развития

1. Во время проектирования за базовые были приняты шесть различных изделий. Но эффективность системы возросла, и количество обрабатываемых изделий удалось увеличить.

2. Повышен коэффициент использования оборудования, так как предусмотрен контроль поломки инструмента.

3. Имеется возможность размещения дополнительного обрабатывающего оборудования.

Гибкая производственная система ТУ-6

Основные сведения

Особенности системы . . . Компактная гибкая производственная система для производства изделий широкого ассортимента с распознаванием типа изделий

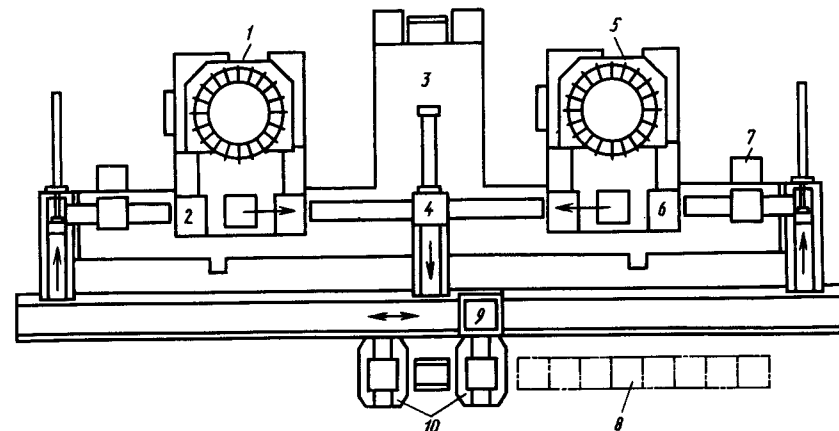


Рис. 9.

1 — горизонтальный многоцелевой станок; 2 — устройство для замены спутников; 3 — пульт управления; 4 — моечная станция; 5 — горизонтальный многоцелевой станок FHN50; 6 — устройство считывания номеров спутников; 7 — устройство для считывания номера спутника; 8 — накопитель спутников; 9 — рельсовая тележка; 10 — загрузочно-разгрузочная станция

Фирма-изготовитель . . . «Тоёта коки»

Фирма-пользователь . . . Фирма по производству канцелярского оборудования

Год начала эксплуатации 1977

Обрабатываемые детали:

Наименование . . . Детали для канцелярского оборудования — всего 20 видов

Форма и материал . . . Корпусные детали из алюминия

Максимальные габариты, мм $500 \times 500 \times 400$

Объем производства:

Такт выпуска, мин . . . 10—20

Компоновочная структура ГПС ТУ-6 приведена на рис. 9.

Состав основного оборудования

1. Два горизонтальных многоцелевых станка (типа FHN 50 фирмы «Тоёта коки»). Имеются: автоматический магазин на 32 инструмента, устройство для смены спутников, устройство для контроля поломки инструмента, устройство для охлаждения приводов и кондиционеры, устройство числового программного управления «Фанук 3000C».

Состав транспортной подсистемы

1. Одна транспортная тележка. Гидродвигатель с цепной передачей. Скорость перемещения 10 м/мин.

2. Две станции загрузки-разгрузки. Возможен поворот на 360° и останов в пяти фиксированных положениях.

Дополнительные замечания

1. Моечная установка (ванна).
2. Для промывки алюминиевых деталей имеется несколько специальных устройств. Для регенерации моющего раствора его пропускают через нейлоновые сетчатые фильтры.

Основные характеристики

1. Предусмотрены три потока обрабатываемых деталей: на левый многоцелевой станок, на правый станок или на два станка одновременно.
2. Маршрут обрабатываемой детали задается на загрузочной станции склада при установке ее на спутник.
3. Максимальное количество спутников на линии — не более семи.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Устройство ЧПУ типа *CNC* марки «Фанук 3000».
2. Программируемый контроллер «ТОЕПАК».

Характеристики программного обеспечения

Централизованное управление автоматическим складом осуществляется микро-ЭВМ, а управление конвейером выполняется по данным систем ЧПУ для каждой обрабатываемой детали.

Фирменное наименование программы: прикладная программа фирмы «Тоёта коки».

Гибкая производственная система ТУ-7*

Основные сведения

Особенности системы . . . Малогабаритная ГПС с транспортной тележкой
 Фирма-изготовитель . . . «Тоёта коки»
 Фирма-пользователь . . . «Рэон дзидоки»
 Год начала эксплуатации . . . 1978

Обрабатываемые изделия:
 Наименование . . . Детали для пищевого оборудования, 50 наименований

Форма и материал . . . Корпусные детали, алюминиевое литье
 Максимальные габариты, мм . . . 600 × 600 × 600

Объем производства:
 Расчетная производительность, шт/мес . . . 2000

Фактическая производительность, шт/мес . . . 2000, объем партии 50—60 шт.

Компоновочная структура ГПС ТУ-7 приведена на рис. 10.

* См. [25, 47].

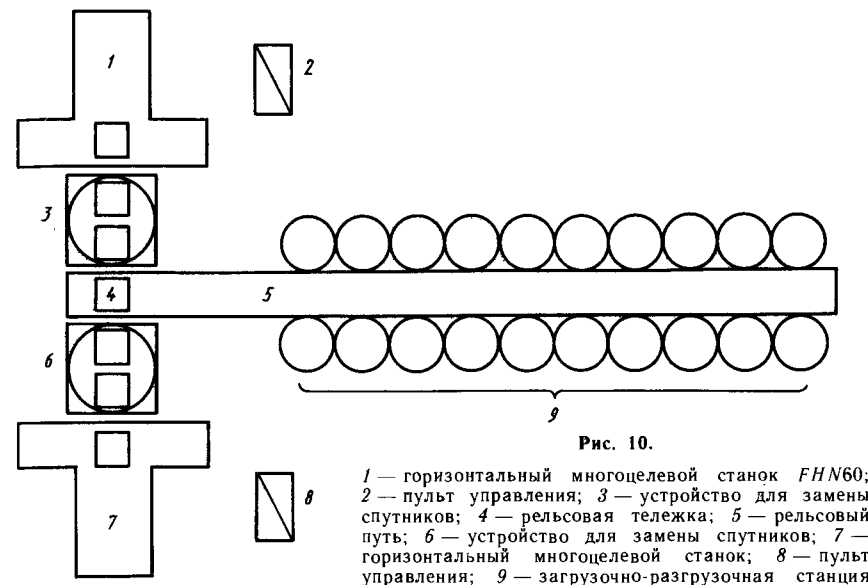


Рис. 10.

Состав основного оборудования

1. Два многоцелевых станка *FHN60* (фирмы «Тоёта коки»). Магазин на 60 инструментов. Устройство для замены спутников поворотного типа. Диагностика состояния инструмента. Контроль ресурса работы инструмента по учету реально отработанного времени. Имеется возможность пополнения комплекта инструментов. Перемещения по оси *X* — 1000 мм, по оси *Y* — 850 мм, по оси *Z* — 710 мм. Мощность двигателя главного привода 5,5 кВт, частота вращения 20 — 3150 мин⁻¹.

2. Имеется пять фрезерных станков для обработки базовых поверхностей, многоцелевой станок для обработки малогабаритных изделий и два сверлильных станка.

Состав транспортной подсистемы

1. Имеется одна транспортировочная тележка (фирмы «Тоёта коки»): максимальная грузоподъемность 1 т, габариты 900 × 900 × 900 мм, скорость перемещения 12,5 м/мин, оборудована вилочным захватом для подачи спутника на станции загрузки. Автоматическое устройство и 20 межоперационных станций ведут подготовку спутников (загрузку и разгрузку). На тележке имеется пневматическое устройство для считывания кода спутника.

2. В работе находятся 20 загрузочных станций. Спутник может заходить в станцию и обмениваться. Для этого станции оборудованы подъемником, который включается при подаче спутника. Возможен разворот спутника на 90°.

3. Габариты спутника 630 × 630 мм.

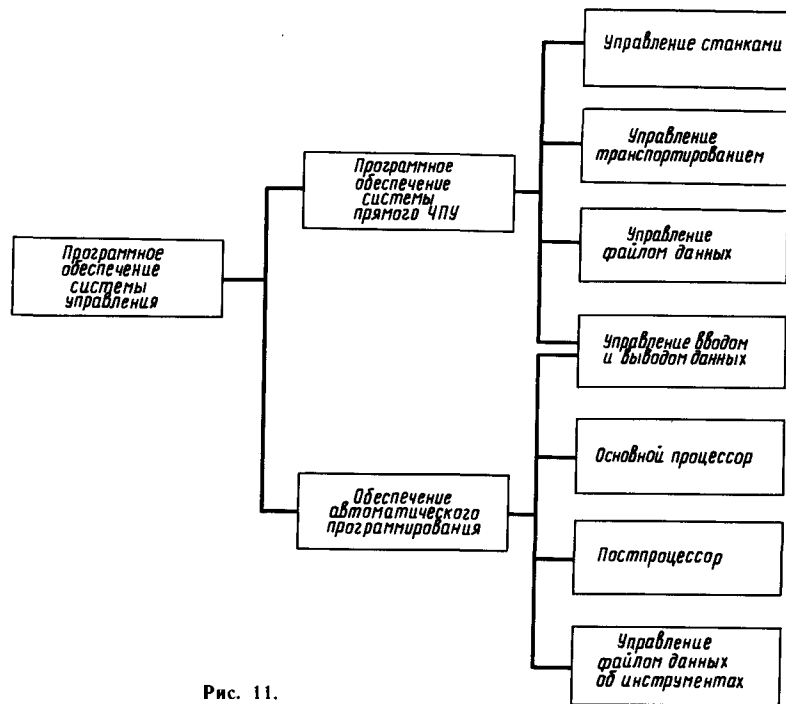


Рис. 11.

Дополнительные замечания

1. Имеется устройство для сбора стружки и оборудование для ее обработки и пакетирования.

2. Систему обслуживают два рабочих: один человек — десять дневных часов и один — десять вечерних часов, ночью система работает без обслуживающего персонала.

Информационно-управляющая структура ГПС ТУ-7 приведена на рис. 11.

Основные характеристики

1. Автоматическая стабилизация нагрузки на валу привода главного движения в зависимости от состояния режущей кромки инструмента при длительной обработке.
2. Спутники подаются автоматически, а режущий инструмент подбирается предварительно в зависимости от обрабатываемой детали. С учетом этого организуется и транспортирование обрабатываемой детали.
3. Время обработки составляет $\frac{1}{3}$ всего производственного цикла, что соответствует производительности 15—20 металлорежущих станков общего назначения.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. ЭВМ марки «NOVA-3» с оперативной памятью 32 К слова. Объем внешней памяти на магнитных дисках 1,2 М слова.

2. Печатающее устройство, графический дисплей, устройства ЧПУ.

Характеристики программного обеспечения

1. Программа обеспечивает возможность одновременной работы группового ЧПУ и систем автономного числового управления.

2. ЭВМ управляет транспортом.

3. Система управления позволяет работать без обслуживающего персонала.

Фирменное наименование программы «ТИПРОС».

Время разработки системы. Используется разработанный фирмой пакет прикладных программ.

Стоимость разработки 250 млн. иен.

Гибкая производственная система ТУ-8

Основные сведения

Особенности системы	ГПС для обработки крупногабаритных изделий с длительным технологическим циклом обработки
Фирма-изготовитель	«Тоёта коки»
Фирма-пользователь	«Сангё кикай»
Год начала эксплуатации	1979
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Картеры двигателей промышленных холодильников, 17 видов (51 технологическая операция)
Форма и материал	Корпусные детали, чугунное литье марки FC 25~30
Максимальные габариты, мм	800×800×800, масса не более 700 кг
Такт выпуска, мин	150—200

Компоновочная структура ГПС ТУ-8 приведена на рис. 12.

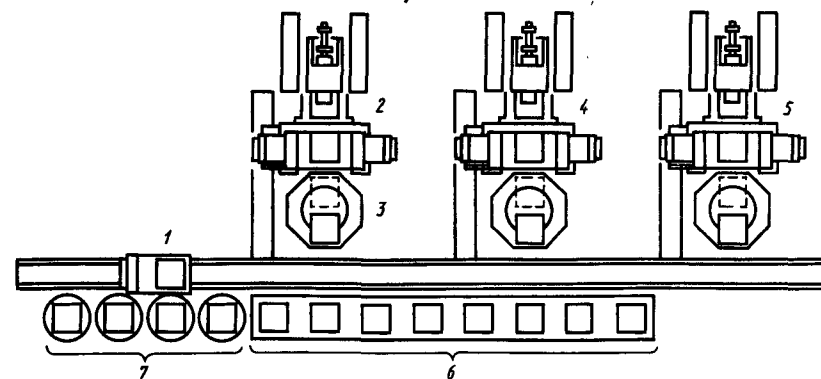


Рис. 12.

1 — рельсовая тележка; 2 — горизонтальный многоцелевой станок FHN80T; 3 — устройство поворотного типа для замены спутников; 4, 5 — горизонтальные многоцелевые станки FHN80T; 6 — буферный накопитель спутников; 7 — загрузочно-разгрузочная станция

Состав основного оборудования

1. Три горизонтальных многоцелевых станка (*FHN80T* фирмы «Тоёта коки»). Автоматический магазин на 64 инструмента. Способ группового числового управления *MCU*. Поворотное устройство для замены спутников.

2. Имеется функция диагностики состояния инструмента. Ведется контроль ресурса работы инструмента по учету реально отработанного времени. В случае поломки инструмента в течение его срока службы происходит автоматическая замена инструментом-дублером из запасного комплекта.

3. На многоцелевом станке 1 ведут обработку верхней плоскости, которую используют как базовую при установке на загрузочной станции. На многоцелевом станке 2 ведут предварительную обработку четырех боковых плоскостей и растачивание отверстий. На многоцелевом станке 3 ведут чистовую обработку плоскостей, сверление, нарезание резьбы метчиками. Точность обработки на $\varnothing 350$ мм составляет $\pm 1,5/100$ мм, отклонение шага при нарезании резьбы составляет $1/100 - 1,5/100$ мм.

4. Все зажимные устройства гидравлического типа.

Состав транспортной подсистемы

1. Применяется одна индукционная транспортная тележка для подачи спутников. Скорость перемещения 20 м/мин. Управление от ЭВМ. Адрес назначения на траектории тележки определяется фотоэлектрическим считыванием с перфорированной бирки.

2. Имеются четыре загрузочно-разгрузочные станции и восемь буферных накопителей. В ночное время загрузочно-разгрузочные станции также становятся накопителями.

3. На спутниках установлены перфорированные бирки для распознавания кодов, которые считываются устройством, установленным на тележке. Закрепление обрабатываемой заготовки на спутнике гидравлическое.

Дополнительные замечания

1. Имеется устройство для сбора стружки.

2. Систему обслуживает один человек, в ночное время используется безлюдная технология.

3. Ранее для той же производственной программы применялись семь металлорежущих станков, для обслуживания которых требовалось более десяти человек.

Информационно-управляющая структура ГПС *ТУ-8* приведена на рис. 13.

Основные характеристики

1. Имеется возможность при необходимости установить четвертый многоцелевой станок.
2. Так как полный рабочий цикл довольно длителен, обеспечена возможность работы по безлюдной тех-

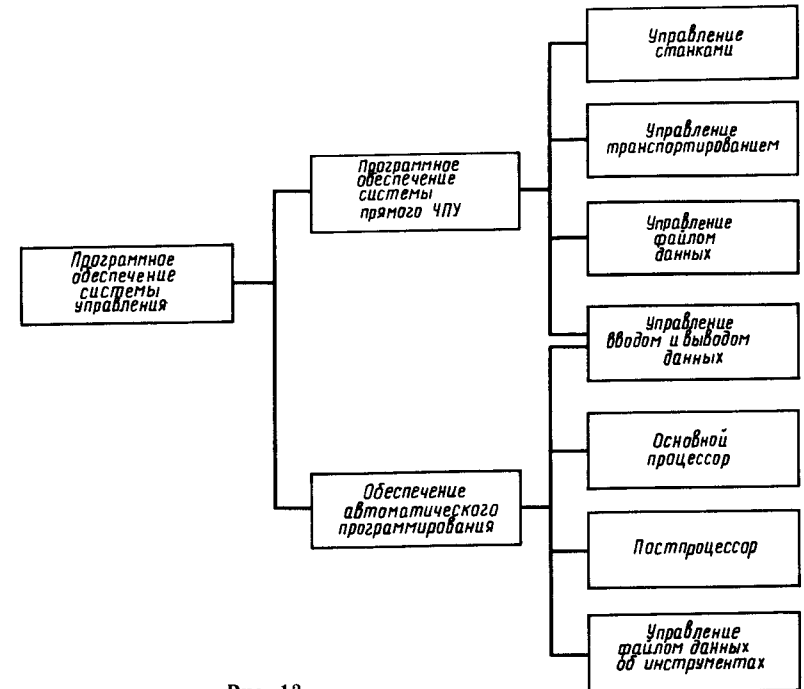


Рис. 13.

нологии в ночное время. Для этого имеются восемь буферных накопителей.

3. На многоцелевых станках установлены пневматические микрометры, которые дают возможность автоматически осуществлять измерения и повышать стабильность в условиях продолжительной обработки крупногабаритных изделий.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. ЭВМ марки «*NOVA-3*» с объемом оперативной памяти в 48 К слов. Внешняя память на магнитных дисках общим объемом 4,8 М слова. Печатающее устройство, устройство прямого ЧПУ.

Характеристики программного обеспечения

1. Возможна параллельная эксплуатация прямого ЧПУ и автономного управления в целях расширения возможностей системы.

2. Конвейером управляет ЭВМ.

3. Система управления позволяет в ночное время вести работу без участия человека.

4. Необходим недельный запас заготовок для обеспечения непрерывности производства.

Фирменное наименование программы: прикладные программы фирмы «Тоёта коки».

Время разработки системы: 1 год, включая планирование и собственно разработку.

Разработчик обрабатывающего оборудования: «Тоёта коки».

Состояние системы и перспективы развития

1. Система высокоэффективна. Проблемой, которую предстоит решить, является повышение точности установки инструмента при автоматической замене, а также повышение точности размеров литых заготовок.

2. Принимаются заказы только на обработку изделий, соответствующих данной ГПС, но возможна обработка практически единичных изделий или деталей малыми партиями.

3. Надежность транспортной тележки очень высока. Более двух лет она работает без сбоев.

Гибкая производственная система ТУ-9*

Основные сведения

Особенности системы	Упрощенная ГПС с цепным транспортером
Фирма-изготовитель	«Тоёта коки»
Фирма-пользователь	«Фусо сэйко»
Год начала эксплуатации	1978
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Детали для автоматических формовочных машин, металлические формы
Форма	Корпусные детали
Максимальный габарит, мм	500×500×500

Компоновочная структура ГПС ТУ-9 приведена на рис. 14.

* См. [25, 47].

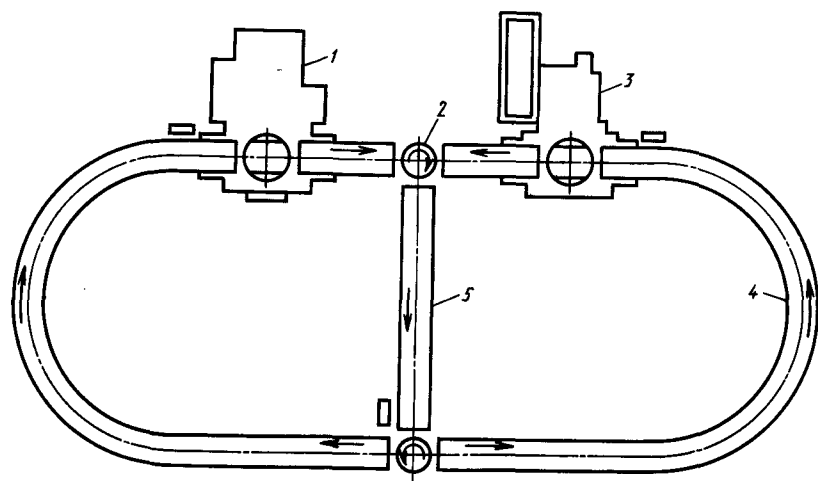


Рис. 14.

1 — вертикальный многоцелевой станок CHN363; 2 — поворотный стол; 3 — вертикальный многоцелевой станок; 4 — замкнутый цепной транспортер; 5 — цепной транспортер

Состав основного оборудования

1. Один горизонтальный многоцелевой станок (типа CHN 363, фирмы «Тоёта коки»). Способ управления *MCU*. Автоматический инструментальный магазин на 60 инструментов.

2. Один вертикальный многоцелевой станок (фирмы «Тоёта коки»). Способ управления *MCU*. Автоматический инструментальный магазин на 20 инструментов и две головки со сменными фрезами большого диаметра. Управление ведется по четырем координатам (по двум координатам одновременно).

3. Имеется устройство для обнаружения поломки инструмента и устройство для контроля ресурса инструмента. Возможна автоматическая замена инструмента инструментом-дублером из запасного комплекта. Подача автоматически регулируется в зависимости от нагрузки на валу привода главного движения.

Состав транспортной подсистемы

1. Замкнутый транспортер цепного типа оборудован специальными захватами для перемещения спутников (одновременно на транспортере может находиться до 24 спутников). Загрузка и разгрузка обрабатываемых изделий может осуществляться в произвольном порядке, изделия находятся в вертикальном положении.

2. Каждому спутнику присваивают код от 1 до 24. К выбранному станку для обработки деталь направляется поворотным столом.

Дополнительные замечания

Для обслуживания системы необходимы всего два человека: один — для работы с ЭВМ, и один — для наблюдения за обрабатывающим оборудованием. В ночное время работа ведется по безлюдной технологии. Ранее для того же объема производства требовалось шесть человек.

Основные характеристики

1. За один рабочий цикл производится обработка пяти поверхностей.
2. В зависимости от того, какая обработка выбирается — отдельно на каждом станке или последовательно на двух многоцелевых станках, — изменяется режим работы транспортного устройства.
3. Подача заготовки на обработку легко осуществляется вручную, соответственно есть возможность обрабатывать специальные единичные изделия.

Возможности программного обеспечения

1. Автоматическая разработка производственного плана.
2. Обработка производственной информации.
3. Предварительная обработка данных для ЧПУ.
4. Автоматическое формирование файла данных для ЧПУ.

5. Вывод всей необходимой информации на экран дисплея и математическая обработка данных.

Фирменное название программы «ТИПРОС»
Время разработки системы Используется пакет прикладных программ, разработанных фирмой

ЭВМ и периферийное оборудование

1. ЭВМ с объемом оперативной памяти 12 К слов; внешняя память на магнитных дисках объемом 128 К слов.

2. Печатающее устройство, графический дисплей с ЭЛТ.

Стоимость разработки, млн. руб. 250.

Гибкая производственная система ТУ-10 («ТИПРОС»)

Основные сведения

Особенности системы Групповое ЧПУ многоцелевыми станками
Фирма-изготовитель «Тоёта коки»
Фирма-пользователь «Юсо кикай»
Год начала эксплуатации 1976, 1980, 1981 (последовательно вводилось дополнительное оборудование)
Обрабатываемые изделия:
Наименование Детали коробок передач (20 видов)
Форма, материал Корпусные детали, чугунное литье (FC 30), алюминиевое литье в форму
Максимальные габариты, мм 500×500×500 или 800×800×600
Рабочий цикл, ч 1—1,5 (объем партий 50—100 шт.)

Компоновочная структура ГПС ТУ-10 приведена на рис. 15.

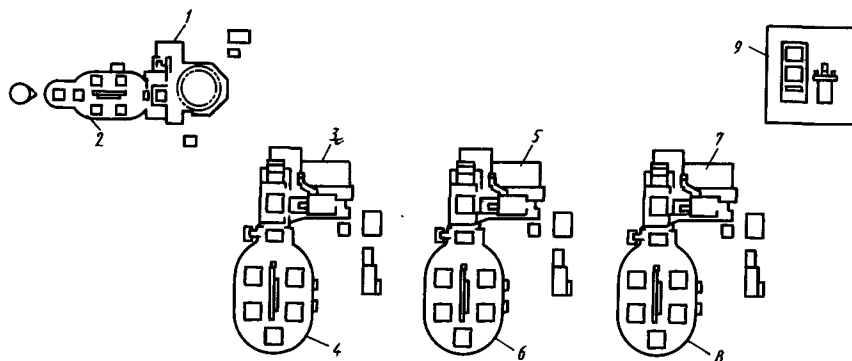


Рис. 15.

1 — горизонтальный многоцелевой станок *BD-H*; 2 — накопитель спутников; 3 — горизонтальный многоцелевой станок *FHN-50*; 4 — накопитель спутников; 5 — горизонтальный многоцелевой станок *FHN-80T*; 6 — накопитель спутников; 7 — горизонтальный многоцелевой станок *FHN-80T*; 8 — накопитель спутников; 9 — зал ЭВМ

Состав основного оборудования

1. Четыре горизонтальных многоцелевых станка (*BD-H* фирмы «Хитати сэйки», *FHN-50* фирмы «Тоёта коки» и два станка *FHN-80T* фирмы «Тоёта коки») с барабанами для подачи спутников (емкостью шесть спутников каждый). Каждый станок образует обрабатывающий модуль. Автоматический инструментальный магазин на 48 инструментов (для станка *BD-H* — 18 инструментов). 36 инструментов используют последовательно. Возможны автоматическое центрирование и компенсация тепловых деформаций по оси *z*. Имеется функция диагностики инструмента. Ведется контроль ресурса инструмента. Если обрабатываются малогабаритные изделия, возможна их попарная установка. В ночное время ведется обработка по безлюдной технологии. В дневное время один оператор обслуживает два станка. На одном многоцелевом станке обрабатывается несколько поверхностей заготовки.

2. Имеется участок токарной обработки с шестью токарными станками с прямым ЧПУ. В том числе есть станок для нарезания резьб (13А фирмы «Тосиба кикай» с устройством для замены спутников, емкость которого два спутника). В этом станке имеется автоматический инструментальный магазин на 16 инструментов. Возможна обработка крупногабаритных изделий с диаметром отверстий до 1000 мм. Установка изделий и его обработка занимают 0,5—1,5 ч. В токарный участок входят также два специальных станка для нарезания резьб (*NBH5LC* фирмы «Хитати сэйки»), обслуживаемых промышленными роботами. Из остальных трех станков один (*5NE* фирмы «Хитати сэйки») оборудован барабаном, рассчитанным на 12 спутников, и обслуживается роботом (фирмы «Фанук», модель 1). На спутник можно устанавливать 2—3 заготовки.

Состав транспортной подсистемы

От станка к станку спутники передаются с помощью лифта и транспортных средств с ручным управлением. На предварительных операциях применяется вилочный автопогрузчик.

Дополнительные замечания

1. Имеется устройство в виде поворотного стола с зубчатой передачей для тяжелого инструмента.

2. Система прямого ЧПУ (на десять станков). Обслуживающий персонал — семь человек (в том числе вспомогательные рабочие).

Информационно-управляющая структура ГПС ТУ-10 приведена на рис. 16.

Основные характеристики Параллельная обработка заготовок одной партии на нескольких станках. Независимое размещение обрабатываемых модулей.

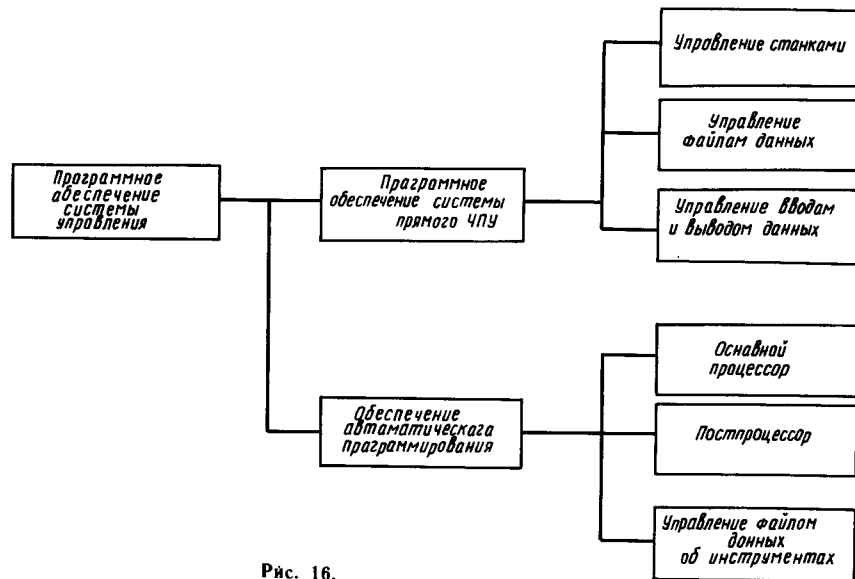


Рис. 16.

Возможности программного обеспечения

1. Автоматическое программирование. (Система «TAPROS-1000»). Возможна параллельная эксплуатация металлорежущего оборудования, а также формирование и проверка файла данных для цифрового управления. Имеется возможность редактирования файла данных.
2. Сбор данных для цифрового контроля.
3. Разработка таблиц применимости инструмента для обработки заданных деталей.
4. Контроль ресурса рабочего инструмента, замена изношенного инструмента инструментом-дублером.
5. Фиксирование состояния системы.
6. Система рассчитана на управление 12 станками.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Мини-ЭВМ «NOVA-3» с емкостью оперативной памяти 56 К слов, внешняя память на магнитных дисках емкостью 4,8 М слов, печатающее устройство, графический дисплей.
2. Устройство ЧПУ марки 30A, 7M фирмы «Фанук».

Состояние системы и перспективы развития

1. По мере автоматизации происходит замена действующих систем управления на групповое ЧПУ. При этом в расчет принимаются все факторы, связанные с производством, обслуживанием, целесообразностью изменений и стоимостью работ.
2. При переходе на групповое ЧПУ реконструкция системы минимальная.

3. В дальнейшем необходимо повышение точности обработки, а следовательно, точности заготовок.

Гибкая производственная система HS-1* («Продакшн систем 102»)

Основные сведения

Фирма-изготовитель	«Хитати сэйки»
Фирма-пользователь	«Хитати сэйки» (завод в Нарасино)
Год начала эксплуатации	1972 (действует по настоящее время)
Обрабатываемые изделия	Корпусные детали для металлорежущих станков (80 видов)
Рабочий цикл, мин	7—100

* См. [9].

Компоновочная структура ГПС HS-1 приведена на рис. 17.

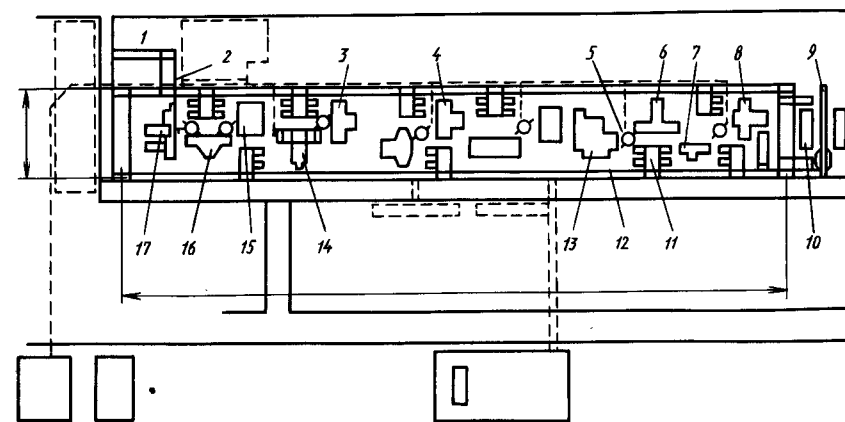


Рис. 17.

1 — станция разгрузки; 2 — станция загрузки; 3 — вертикальный фрезерный станок с ЧПУ 3MD-V; 4 — вертикальный фрезерный станок с ЧПУ 2MD-V; 5 — токарно-револьверный станок с ЧПУ 5LN; 6 — фрезерный станок для конического фрезерования; 7 — универсальный фрезерный станок; 8 — фрезерный станок для конического фрезерования; 9 — кран для складирования; 10 — позиция ожидания контейнеров; 11 — позиция ожидания у станков (буферные накопители); 12 — транспортер; 13 — горизонтальный многоцелевой станок 6MB; 14 — горизонтальный многоцелевой станок BD-8H; 15 — радиально-сверлильный станок; 16 — вертикальный сверлильный станок с ЧПУ; 17 — вертикальный многоцелевой станок BD-V

Состав основного оборудования

1. Три горизонтальных многоцелевых станка (BD8H, 6MB фирмы «Хитати сэйки»).
2. Вертикальный многоцелевой станок (BD-V фирмы «Хитати сэйки»).
3. Два фрезерных станка с ЧПУ (3MD-V, 2MD-V фирмы «Хитати сэйки»).

4. Фрезерно-расточный станок (*IMP-H* фирмы «Хитати сэйки»).
5. Токарно-револьверный станок с ЧПУ (*5LN* фирмы «Хитати сэйки»).
6. Вертикальный сверлильный станок с ЧПУ («Хитати сэйки»).
7. Два фрезерных станка.
8. Токарно-револьверный станок.
9. Радиально-сверлильный станок.

Состав транспортной подсистемы

1. Замкнутый транспортер, скорость перемещения 10 м/мин.
2. В позицию ожидания заготовка подается приемо-передающим устройством со скоростью 5 м/мин.
3. Транспортные контейнеры шириной 400 мм, длиной 550 мм и высотой 200 мм. Обрабатываемую заготовку устанавливают на спутник. Спутники попарно устанавливают в транспортные контейнеры. Кодовую бирку транспортного контейнера считывают с помощью фотоэлемента.
4. На складе в позиции ожидания размещаются 118 транспортных контейнеров.
5. Из зоны ожидания к станку заготовку подают вручную.

Дополнительные замечания

Систему обслуживают девять человек: семь человек обслуживают основное производство и два человека — вычислительный центр.

Информационно-управляющая структура ГПС *HS-1* приведена на рис. 18.

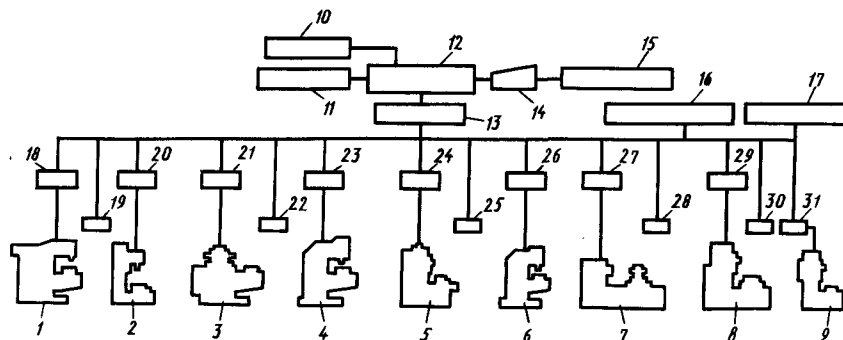


Рис. 18.

1 — многоцелевой станок *BD-V*; 2 — вертикальный сверлильный станок с ЧПУ; 3 — многоцелевой станок *BD-8H*; 4 — вертикальный фрезерный станок с ЧПУ *2MD-V*; 5 — многоцелевой станок; 6 — вертикальный фрезерный станок с ЧПУ *2MD-V*; 7 — токарно-револьверный станок с ЧПУ *5LN*; 8 — многоцелевой станок *6MB*; 9 — универсальный фрезерный станок *IMP-H*; 10 — устройство для ввода данных с перфокарты; 11 — накопитель на магнитных дисках; 12 — ЭВМ, 8 К слов; 13 — интерфейс; 14 — ввод данных с дисплея; 15 — сменно-суточное задание; 16 — блок управления складированием и работой крана; 17 — блок управления транспортером; 18 — ЧПУ-1; 19, 22, 25, 28, 30, 31 — пульты управления станками; 20 — ЧПУ-2; 21 — ЧПУ-3; 23 — ЧПУ-4; 24 — ЧПУ-5; 26 — ЧПУ-6; 27 — ЧПУ-7; 29 — ЧПУ-8

- Основные характеристики
1. Система прямого ЧПУ.
 2. Транспортирование обрабатываемых изделий осуществляется в контейнерах. Подача заготовок на станки ручная. Контейнеры используются также для транспортирования инструмента и стружки.
 3. Используется стандартный инструмент.

Возможности программного обеспечения

1. Управление станками.
2. Автоматическое программирование.
3. Подготовка производственных заданий и учет хода производства.
4. Автоматическое управление транспортной подсистемой.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Мини-ЭВМ с емкостью оперативной памяти 8 К слов, внешняя память на магнитных дисках общей емкостью 262 К слова.
2. Печатающее устройство, устройство для считывания с перфокарты, графический дисплей.

Фирменное наименование системы «Система К-О» фирмы «Фанук»
Разработчик металлорежущего оборудования «Хитати сэйки»

Гибкая производственная система *HS-4** («Продакшн систем 502»)

Основные сведения

Особенности системы	Широкая номенклатура обрабатываемых деталей
Фирма-изготовитель	«Хитати сэйки»
Фирма-пользователь	«Санбу-ханэуэру» (завод в Самукава)
Год начала эксплуатации	1973
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Корпуса для клапанов средних размеров для систем автоматического регулирования 400 типоразмеров
Форма и материал	Изделия сложной формы, чугунное литье (<i>FC, SCPH, SCS</i>)
Максимальные габариты, мм	Ширина 220—510, высота 150—440, масса 15—230 кг.
Объем производства:	
Рабочий цикл, мин	3—10 (размер партий запуска 1—10 шт).

Компоновочная структура ГПС *HS-4* приведена на рис. 19.

* См. [13, 23, 26].

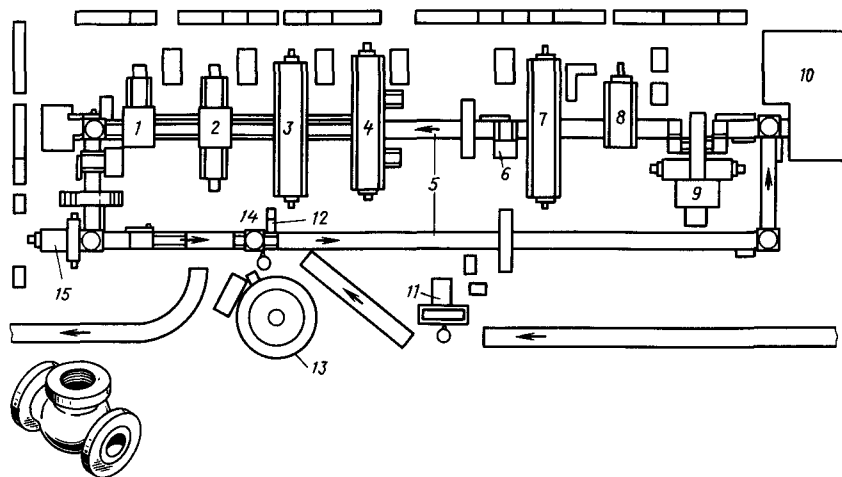


Рис. 19.

1, 2 — сверлильный станок с ЧПУ; 3 — станок с ЧПУ для чистового фрезерования плоскостей; 4 — станок с ЧПУ для сверления и нарезания резьбы; 5 — несинхронизированные транспортеры; 6 — моечная станция; 7 — станок с ЧПУ для чистового фрезерования плоскостей; 8 — расточный станок; 9 — трехшпиндельный фрезерный станок с ЧПУ; 10 — пункт сбора СОЖ; 11 — вертикальный многоцелевой станок для фрезерования базовых поверхностей; 12 — устройство для ввода данных о деталях; 13 — накопитель инструментальных магазинов; 14 — станция загрузки и разгрузки; 15 — токарно-револьверный станок

Состав основного оборудования

1. Трехшпиндельный фрезерный станок с числовым управлением для фрезерования фланцев и внутренних поверхностей. Мощность электродвигателя главного привода 3×15 кВт, дискретность задания перемещения 0,01 мм/импульс.

2. Расточный станок для обработки внутренних поверхностей. Мощность электродвигателя главного привода 11 кВт.

3. Два фрезерных станка с ЧПУ для обработки наружных поверхностей фланцев и торцовых плоскостей. Мощность электродвигателя главного привода 11 кВт. Дискретность задания перемещения 0,005/0,01 мм. Имеется специальный автоматический инструментальный магазин.

4. Станок с ЧПУ для сверления отверстий и нарезания резьб метриками. Осуществляются чистовое сверление и нарезание резьбы. Мощность электродвигателя главного привода 11/5,5 кВт. Дискретность задания перемещения 0,005/0,01 мм. Имеется специальный автоматический инструментальный магазин.

5. Два сверлильных станка с ЧПУ для сверления отверстий в торцах фланцев. Мощность электродвигателя главного привода каждого станка 5,5 кВт. Дискретность задания перемещения 0,01 мм. Имеется поворотная головка револьверного типа.

6. Токарно-револьверный многоцелевой станок, предназначенный для нарезания резьбы в отверстиях большого диаметра. Мощность электродвигателя главного привода 5,5 кВт. Дискретность задания перемещений 0,01 мм.

Состав транспортной подсистемы

1. Спутники подают по конвейеру. Между станциями ожидания спутников установлены транспортеры, поворотные столы и толкатели для подачи заготовок.

2. Все станки и транспортные средства получают необходимую информацию об обрабатываемой заготовке во время загрузки.

3. Обработка базовой поверхности осуществляется на автономном фрезерном станке с ЧПУ.

4. Осуществляется централизованная подача инструмента с помощью трехдискового инструментального магазина, в котором возможно размещение одновременно до 1000 инструментов.

5. Между станциями ожидания могут накапливаться до трех спутников.

Дополнительные замечания

1. По сравнению с обычным производством время обработки составляет $1/3$, обслуживающий персонал $1/7$, стоимость обработки $1/2$.

2. Систему обслуживают четыре человека (по одному человеку на подготовительных операциях, на загрузочно-разгрузочных работах, на контроле и один человек — бригадир).

3. Имеется участок дефектоскопии литых заготовок. Если обнаружен дефект литья, заготовка на чистовую обработку не поступает.

Основные характеристики

1. Система делится на две части: три первых станка составляют участок предварительной обработки, остальные пять — участок чистовой обработки. При обнаружении дефекта в материале последующая обработка не производится.

2. Изделия транспортируются между обрабатывающими станками непрерывно.

3. Смазочно-охлаждающая жидкость и режущий инструмент подбираются в зависимости от материала обрабатываемых заготовок.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Мини-ЭВМ с оперативной памятью емкостью 12 К слов, внешняя память емкостью 131 К слов на магнитных дисках.

2. Печатающее устройство, устройство для считывания с бумажных перфолент.

Характеристики программного обеспечения

1. Программа имеет возможность коррекции настройки в зависимости от износа режущей кромки инструмента.
2. Программа легко адаптируется к различным технологическим циклам обработки.
3. В целях упрощения управления и сокращения времени стартового режима имеется оперативная библиотека программ.

Фирменное название программы «Фанук T—O»
 Стоимость разработки, млн. иен 400
 Разработчики металлорежущего оборудования «Ямадзаки-хаиэуэру», «Хитати сэйки», «Фанук».

Состояние системы и перспективы развития

1. При создании системы были проведены предварительный анализ объектов обработки, унификация изделий, исследование обрабатываемости материалов.
2. С введением системы в эксплуатацию был сделан большой шаг вперед в развитии гибкого производства — появилась возможность одновременно обрабатывать мелкие партии однотипных изделий широкой номенклатуры. Была значительно повышена производительность при выпуске изделий различной формы, а численность обслуживающего персонала значительно сокращена.
3. В системе используется автоматический склад с прямым управлением от ЭВМ.
4. До настоящего времени система успешно работает, оставаясь лидером среди подобных систем и получая высокие экспертные оценки.

Гибкая производственная система HS-6* («Продакшн систем 804»)

Основные сведения

Фирма-изготовитель «Хитати сэйки»
 Фирма-пользователь «Ногё кикай»
 Год начала эксплуатации 1975
 Обрабатываемые изделия:
 Наименование Корпуса цилиндров
 Объем производства:
 Рабочий цикл, мин 6—16

Компоновочная структура ГПС HS-6 приведена на рис. 20.

* См. [20, 28].

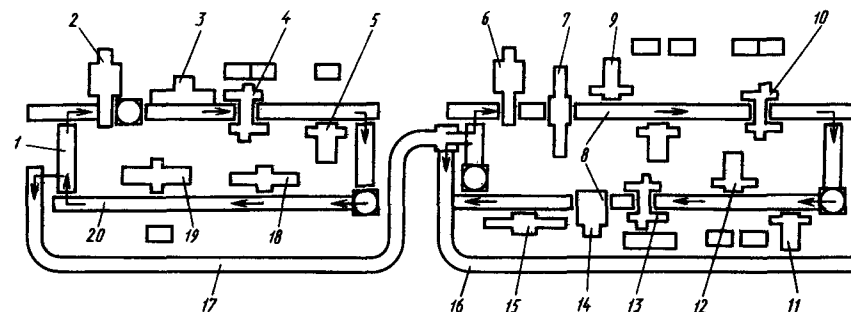


Рис. 20.

1 — загрузочная станция; 2 — продольно-фрезерный станок 4MPH; 3 — двухшпиндельный фрезерный станок; 4 — двухшпиндельный сверлильный станок; 5 — горизонтальный многоцелевой станок BD-6H; 6 — универсальный фрезерный станок 4MP-H; 7 — специальный расточный станок; 8 — транспортеры; 9 — вертикальный многоцелевой станок BD-8H; 10 — сверлильный станок; 11, 12 — вертикальный многоцелевой станок; 13 — сверлильный станок; 14, 15 — специальный расточный станок; 16 — выводящий транспортер; 17 — подающий транспортер; 18 — специальный расточный станок; 19 — двухшпиндельный многоцелевой станок с револьверной головкой; 20 — транспортер

Состав основного оборудования

Первый участок

1. Продольно-фрезерный станок (4MP-H фирмы «Хитати сэйки») для фрезерования верхней и нижней плоскостей корпуса.
2. Специальный двухшпиндельный фрезерный станок для фрезерования плоскостей под крышки подшипников.
3. Двухшпиндельный сверлильный станок для сверления и нарезания резьбы в верхней и нижней плоскостях корпуса. Имеется автоматический инструментальный магазин на 12 инструментов.
4. Горизонтальный многоцелевой станок (BD6H фирмы «Хитати сэйки» с револьверной головкой) для расточки отверстий.
5. Двухшпиндельный многоцелевой станок (BD66HH с револьверной головкой для обработки отверстий и нарезания резьбы в верхней и нижней плоскостях корпуса).
6. Специальный станок для сверления гильз и расточки отверстий для кривошипа.

Второй участок

1. Двухшпиндельный продольно-фрезерный станок (4MP-H) для обработки боковых отверстий.
2. Два многошпиндельных станка для сверления и нарезания резьбы в передней и задней поверхностях после их чистовой обработки. Имеется автоматический инструментальный магазин на 12 инструментов.
3. Четыре вертикальных многоцелевых станка (BD8H, из них один с револьверной головкой) для подготовительного и чистового сверления отверстий в боковых поверхностях.

4. Три специальных станка для сверления гильз и расточки отверстий для кривошипа.

Состав транспортной подсистемы

1. Внутри каждого участка имеется автономный транспорт, между участками — цепной конвейер.

2. От транспортных устройств к станкам спутники передаются гидравлическими манипуляторами.

3. К станкам первого участка заготовки поступают на спутниках с зажимом за боковые поверхности. К станкам второго участка заготовки поступают с зажимом в вертикальном положении.

4. Одновременно в работе на первом участке находятся 13 спутников, а на втором участке — 17 спутников.

Дополнительные замечания

1. Каждая станция ожидания оборудована захватным устройством с гидравлическим приводом. На первом участке восемь захватных устройств, а на втором — 12.

2. Каждый участок оснащен устройством подачи масла для принудительной смазки поверхностей скольжения.

3. Вдоль трассы подачи спутников установлены пневматические устройства, подающие воздух для очистки станков, переключающие направление движения, определяющие базовые поверхности и т. д.

4. Оба участка обслуживаются единым конвейером для сбора стружки.

Основные характеристики При фрезеровании ориентирование заготовки осуществляется с помощью измерительной головки. В многоцелевых и резбонарезных станках выполняется предварительное ориентирование заготовки: осуществляется контроль предварительной установки инструмента и заготовки.

Гибкая производственная система HS-7* («Продакшн мастер 103»)

Основные сведения

Фирма-изготовитель	«Хитати сэйки»
Фирма-пользователь	«Кодзита сангё»
Год начала эксплуатации	1976
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Малогабаритные корпуса клапанов для пневматических устройств (48 видов)
Материал	Коррозионно-стойкая сталь
Рабочий цикл, мин	4—10

* См. [21].

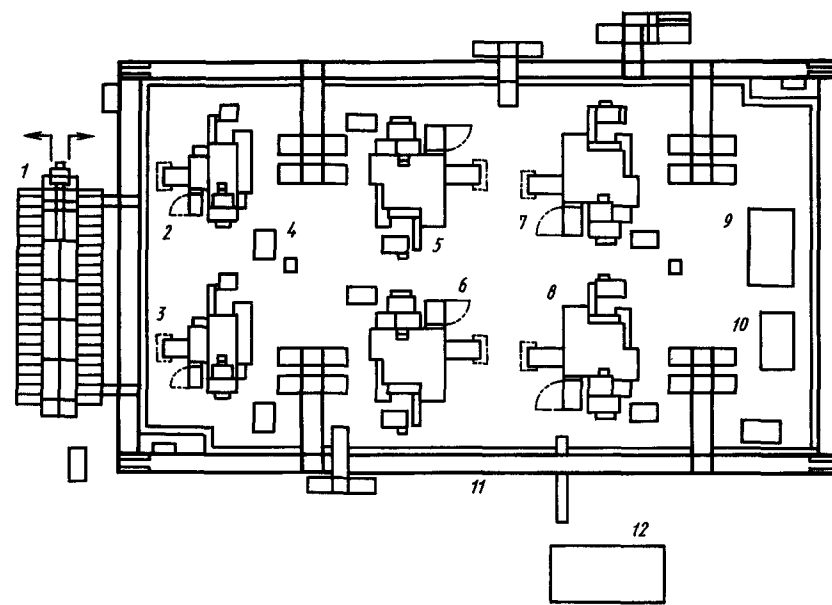


Рис. 21.

1 — автоматический склад; 2 — токарно-револьверный станок; 3 — токарный станок; 4 — позиция ожидания контейнеров у станка; 5, 6, 7, 8 — токарный станок; 9, 10 — специальные станции для подготовки контейнеров; 11 — транспортер подачи контейнеров; 12 — зал ЭВМ

Компоновочная структура ГПС HS-7 приведена на рис. 21.

Состав основного оборудования

1. Два токарно-винторезных станка с ЧПУ. За одну установку обрабатывают три поверхности с поворотом на 90°.
2. Четыре токарных станка.
3. Два специальных станка для обработки клапанов.

Состав транспортной подсистемы

1. Замкнутый цепной конвейер. Скорость подачи 10 м/мин.
2. В позиции ожидания у станков заготовки подаются с главного конвейера по вспомогательным транспортерам со скоростью 5 м/мин.
3. Заготовки помещают в контейнеры (400×550×200 мм). Контейнеры снабжаются идентификационными бирками. Информация с бирок считывается фотоэлектрическим способом. В соответствии с указанной информацией определяется маршрут дальнейшего транспортирования. Максимальная грузоподъемность контейнера 300 кг. Контейнеры используются также для транспортирования стружки, инструментальных магазинов и т. д.

- От позиций ожидания к станкам заготовки подаются манипуляторами.
- Имеется автоматический склад на 118 контейнеров.

ЭВМ и периферийное оборудование

- Единая система прямого управления станками.
- Мини-ЭВМ с объемом оперативной памяти 8 К слов, устройства ЧПУ, устройства ввода-вывода (512 К слов).
- Печатающее устройство, устройство для считывания с перфоленты, пульт ввода информации, пульт управления.

Характеристики программного обеспечения

- Способ прямого ЧПУ *BTR*. При необходимости обработки единичных изделий возможна автономная эксплуатация каждого станка.
- Система управления ведет учет дневного запаса заготовок, номеров заготовок, выполненных операций, рабочего времени, загрузки станков, а также обеспечивает обслуживающий персонал технологической информацией.

Фирменное название программы . . . Система «Фанук» серии *K-O*
 Разработчик металлорежущего оборудования . . . «Хитати сэйки».

Гибкая производственная система *HS-9* («Продакшн мастер 104»)

Основные сведения

Фирма-изготовитель . . . «Хитати сэйки»
 Фирма-пользователь . . . «Ногэ кикай»
 Год начала эксплуатации . . . 1977—1980 (поэтапный ввод в эксплуатацию)
 Обработка изделий:
 Наименование . . . Коробки передач для тракторов (пять типов)

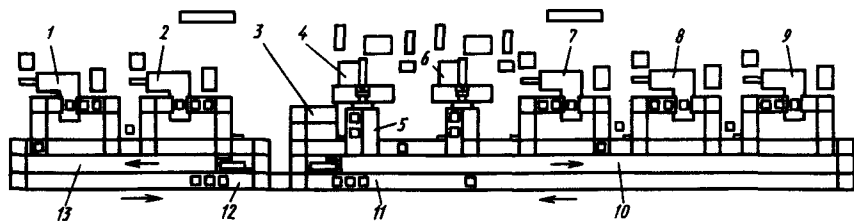


Рис. 22.

1, 2 — горизонтальные многоцелевые станки *MG630*; 3 — накопитель спутников; 4 — горизонтальный многоцелевой станок *6МС*; 5 — автоматическое устройство замены спутников; 6 — горизонтальный многоцелевой станок *6МС*; 7, 8, 9 — горизонтальные многоцелевые станки *MG630*; 10 — транспортер; 11 — загрузочно-разгрузочная станция; 12 — загрузочно-разгрузочная станция участка предварительной обработки; 13 — замкнутый транспортер

Форма и материал . . . Корпусные детали, чугунное литье
 Максимальные габариты, мм . . . 760×350×520, масса до 100 кг
 Рабочий цикл, мин . . . 50

Компоновочная структура ГПС *HS-9* приведена на рис. 22.

Состав основного оборудования

- Семь горизонтальных многоцелевых станков (пять станков *MG 630* и два станка *6МС*, фирма «Хитати сэйки»). Каждый станок оборудован автоматическим пристаночным приемо-передающим устройством. Станки *6МС* снабжены автоматическими инструментальными магазинами на 60 инструментов, остальные — автоматическими инструментальными магазинами на 20—30 инструментов.
- Основные операции — фрезерование, сверление и нарезание резьбы. На многоцелевых станках 1 и 2 (*MG 630*) осуществляется обработка базовых поверхностей. На станциях загрузки осуществляется замена заготовок. На многоцелевых станках 4, 6—9 ведется обработка остальных поверхностей. Каждый станок в среднем выполняет три операции.
- Обработка резанием ведется без применения СОЖ. В автоматическом инструментальном отделении в состоянии готовности постоянно находятся пять наборов по восемь комплектов инструментов.

Состав транспортной подсистемы

- Роликовый конвейер с цепным приводом. Конвейер образует два контура: на участке предварительной обработки и на участке основной обработки. Скорость транспортирования 5 м/мин. Рабочий цикл конвейера на участке основной обработки составляет 12 мин.
- Габариты спутников 630×630 мм. К ним прикреплен перфорированный пластик с кодом спутника, который считывается фотоэлектрическим способом.
- Емкость накопителя спутников — 15 шт.
- На автоматическом пристаночном приемо-передающем устройстве одновременно могут находиться два спутника.

Дополнительные замечания

- Численность обслуживающего персонала — три человека (один — на участке предварительной обработки для съема и установки заготовок, второй — на участке основной обработки, третий — на инструментальном участке).
- Имеется возможность работы по безлюдной технологии в ночную смену. В настоящее время система работает в две смены.

ЭВМ и периферийное оборудование

- ЭВМ «ПАНАФАКОМ-У200» с объемом оперативной памяти 16 К байт, объем внешней памяти на дисках 1 М байт.

2. Устройство для считывания с ленты, печатающее устройство, два пульта управления.

Фирменное название программы «Фанук система K-O»
Стоимость разработки, млн. иен 1000—1500
Разработчик металлорежущего оборудо-
вания «Хитати сэйки»

Состояние системы и перспективы развития

1. В настоящее время ведется обработка изделий пяти типов (предусмотрена обработка изделий 30 типов).

2. В конструкции конвейера использованы ролики большого диаметра, поэтому снижен износ и уменьшена возможность отказов.

Гибкая производственная система HS-10* («Продакшн мастер 105»)

Основные сведения

Фирма-изготовитель «Хитати сэйки»
Фирма-пользователь «Кубота тэкко» (завод в Цукуба)
Год начала эксплуатации 1979
Обрабатываемые изделия:
Наименование Коробки передач тракторов (30 видов)
Форма и материал Корпусные детали, алюминиевое литье, FC, FCD
Максимальные габариты, мм 850×850×850, масса 400 кг
Производительность 10 000 изделий в мес. (рабочий цикл 4 мин; размер партий 50—2000 шт.)

Компоновочная структура ГПС HS-10 приведена на рис. 23.

* См. [84].

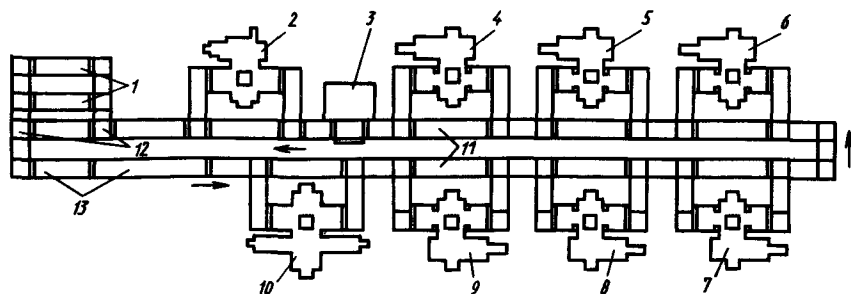


Рис. 23.

1 — транспортер подачи инструмента (приспособлений); 2 — автоматическое измерительное устройство с ЧПУ; 3 — моечная станция; 4, 5, 6, 7, 8, 9 — горизонтальные многоцелевые станки MG500; 10 — двухшпиндельный фрезерный станок с ЧПУ; 11 — транспортеры; 12 — тележки; 13 — загрузочно-разгрузочная станция

Состав основного оборудования

1. Шесть многоцелевых станков (MG 500 фирмы «Хитати сэйки»). Устройство для смены спутников челночного типа. Автоматический инструментальный магазин на 30 инструментов.

2. Фрезерные станки с ЧПУ (специальное оборудование, изготовленное фирмой «Хитати сэйки»). Управление по трем координатам. Максимальный диаметр обрабатываемой заготовки 450 мм. Производится обрубка литья.

3. Автоматическое измерительное устройство с ЧПУ (изготовитель — фирма «Хитати сэйки»). Устройство применяется для измерения внутренних диаметров. Используется принцип пневматического микрометра. На измерение поступает очищенная от стружки деталь (в моечном устройстве).

4. Устройство для обнаружения поломки режущей кромки инструмента. Устройство рассчитано на обслуживание всех многоцелевых станков. Проверяется состояние сверл диаметром 3,5—10 мм, а также разверток и метчиков.

5. Применяются спутники размером 500×500 мм. Точность установки спутников $\pm 0,01$ мм. Распознавание спутников осуществляется по биркам. Для настройки имеется один эталонный спутник.

Состав транспортной подсистемы

1. Роликовый конвейер с электроприводом. Скорость транспортирования 10 м/мин.

2. Восемь цепных транспортеров для приема и выдачи заготовок, поступающих на стайки с главного конвейера. Имеются тележки для поперечного перемещения и связи с главным конвейером.

3. Имеются транспортер-накопитель для заготовок, два транспортера-накопителя для инструмента.

4. Максимальное число подготавливаемых для обработки заготовок 63. Возможна обработка в любой последовательности. Используется 40 спутников. Каждая вводимая в систему заготовка может проходить через шесть технологических операций.

5. Распознавание заготовок осуществляется у станка.

6. Замена инструмента осуществляется устройством смены инструмента с гидравлическим приводом.

Дополнительные замечания

1. В дневное время систему обслуживает один человек. В ночное время для повышения надежности систему обслуживают два человека.

2. Для улучшения обработки применяют смазочно-охлаждающие жидкости.

Информационно-управляющая структура ГПС HS-10 приведена на рис. 24.

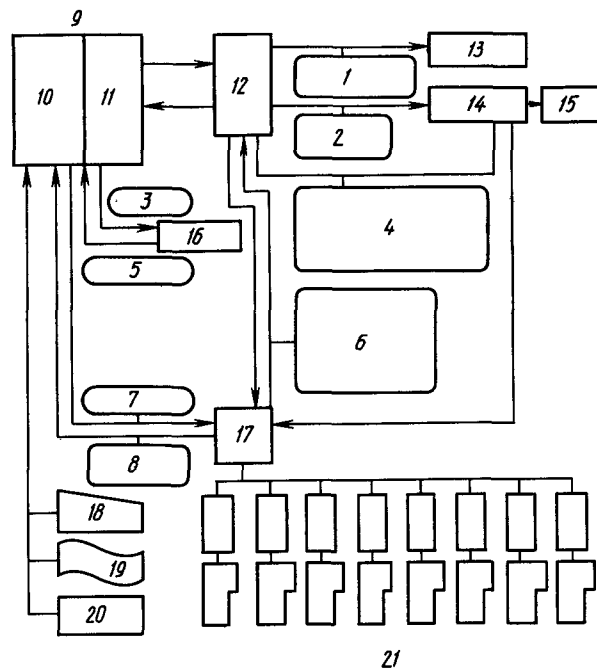


Рис. 24.

1 — рабочие параметры спутников * сигнальные коды; 2 — директива о включении станка * начало движения спутника; 3 — переменные параметры; 4 — считывание номера спутника; * программа для управления транспортером * стартовые директивы * информация о ходе работы; 5 — ввод данных с машинного носителя; 6 — учет результатов работы * информация об инструменте * сигнальная информация * информация о спутниках * информация (номера) об изношенном инструменте; 7 — управляющая информация для станков; 8 — требование данных * сигнальная информация; 9 — блок централизованного управления; 10 — ЭВМ; 11 — цифровое логическое устройство; 12 — интерфейс; 13 — центральный пульт управления; 14 — пульт управления транспортером; 15 — транспортер; 16 — постоянные параметры; 17 — устройство ЧПУ; 18 — печатающее устройство; 19 — устройство для ввода данных с перфоленты; 20 — внешний накопитель; 21 — станки

Основные характеристики 1. Система снабжена устройством контроля заполнения спутника, устройством для охлаждения шпинделей, устройством контроля разрушения рабочей кромки режущего инструмента. 2. В целях устранения ошибки из-за теплового расширения предусмотрен автоматический подогрев заготовки: в зимний период подогрев длится два часа, в летний — 20 минут. 3. В зоне подготовки производства всегда имеется одно-трехдневный запас заготовок.

Возможности программного обеспечения

1. Программа управляет рабочими устройствами ГПС.
2. Программа регистрирует следующие данные: номер программы

обработки (по номеру спутника), состояние спутников и станков, результаты замеров геометрических параметров.

3. Имеются специальные программы: контроля ресурса инструмента, подогрева заготовки, автоматического контроля параметров, автоматического программирования и т. д.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Мини-ЭВМ «ПАНАФАКОМ U-200» с объемом оперативной памяти 64 К байт; устройство внешней памяти фирмы IBM.

2. Устройство для считывания с ленты, печатающее устройство, дисплей, центральный дисплей с двумя экранами.

Фирменное название программы «Система — К» («Фанук»), «Система — 105» («Хитати сэйки»)

Продолжительность разработки 1,5 года

Стоимость разработки 63 % общей стоимости приходится на обрабатывающее и измерительное оборудование, 20 % — на автоматическое транспортное оборудование, 8 % — на систему управления, 9 % — на другие устройства.

Фирмы-разработчики основного оборудования «Кубота тэкко», «Хитати сэйки», «Фанук»

Состояние системы и перспективы развития

1. Устройство для контроля разрушения режущей кромки инструмента, находящегося в многоцелевых станках, выдает информацию только после окончания обработки. Это снижает эффективность контроля.

2. В процессе эксплуатации возникали неполадки из-за применения смазочно-охлаждающих жидкостей, в состав которых входят вредные компоненты. Имело место разрушение болтов, осей на конвейере и др.

3. Возможны технологические сбои при транспортировании заготовок на станки.

Гибкая производственная система HS-11* («Продакшн мастер 106»)

Основные сведения

Фирма-изготовитель «Хитати сэйки»
 Фирма-пользователь «Хитати сэйки» (завод в Абики)
 Год начала эксплуатации 1979
 Обработываемые изделия:
 Наименование Малогабаритные детали для металло-
 режущих станков (120 типов)
 Форма и материал Корпусные детали, прямоугольная
 форма, чугунное литье, сталь

* См. [30].

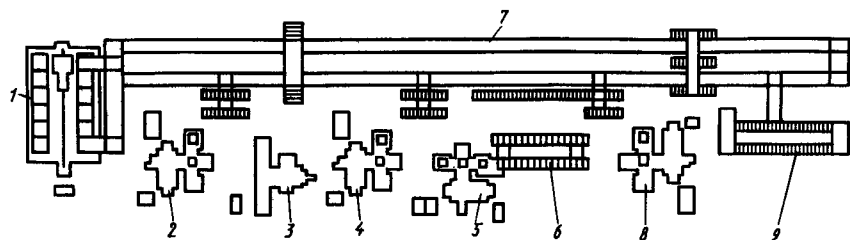


Рис. 25.

1 — автоматический склад контейнеров; 2 — горизонтальный многоцелевой станок MG500; 3 — вертикальный многоцелевой станок MG500-V; 4, 5 — горизонтальный многоцелевой станок MG500; 6 — накопитель спутников; 7 — замкнутый транспортер; 8 — горизонтальный многоцелевой станок MG630; 9 — позиция ожидания контейнеров

Максимальные габариты, мм 500×500×500
Размеры партий, шт. 5—40

Компоновочная структура ГПС HS-11 приведена на рис. 25.

Состав основного оборудования

1. Четыре горизонтальных многоцелевых станка (три MG 500 и один MG 630 фирмы «Хитати сэйки»).
2. Вертикальный многоцелевой станок (MG 500 фирмы «Хитати сэйки»).
3. Накопитель спутников емкостью в десять спутников, обслуживающий один из горизонтальных многоцелевых станков.

Состав транспортной подсистемы

1. Со склада в позицию ожидания заготовки в контейнерах доставляют реверсивным транспортером. В позиции ожидания в соответствии с типом заготовки формируется комплект стандартного инструмента. Распознавание контейнеров с заготовками на транспортере осуществляют считыванием кода на идентификационной бирке.

2. Заготовки устанавливаются сразу на десяти спутниках. Идентификацию спутников осуществляют фотоэлектрическим способом. В соответствии с кодом спутника происходит вызов соответствующей программы ЧПУ.

На станках возможна работа по безлюдной технологии в ночную смену.

3. Для складирования заготовок и изделий имеется автоматический склад небольшой емкости, оборудованный манипулятором.

Дополнительные замечания

1. При удвоенной производительности по сравнению с существовавшей до внедрения системы организацией производства, обслуживающий персонал составляет всего два человека.

2. Для работы по безлюдной технологии многоцелевые станки осна-

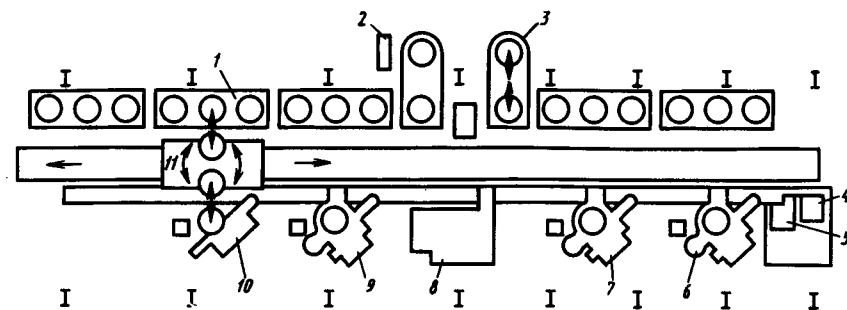


Рис. 26.

1 — накопитель спутников; 2 — пульт управления; 3 — загрузочно-разгрузочная станция; 4 — емкость для сбора чугушной стружки; 5 — емкость для сбора стальной стружки; 6, 7 — многоцелевые станки для токарной обработки TMC-18A; 8 — емкость для сбора СОЖ; 9 — многоцелевой станок TMC-18A; 10 — токарно-карусельный станок; 11 — рельсовая тележка (с устройством для замены спутников)

щены устройствами контроля нагрузки привода главного движения, учета ресурса инструмента и времени работы, замены изношенного инструмента инструментом-дублером.

Возможности программного обеспечения

1. Формирование производственного плана, расчет партий запуска и времени обработки, управление транспортированием заготовок и готовых изделий.
2. Подготовка данных для ЧПУ.
3. Сбор информации о процессе обработки.
4. Автоматическое программирование и вывод данных на дисплей с ЭЛТ.

Разработчик металлорежущего оборудо-

вания «Хитати сэйки»

Гибкая производственная система TS-1

Основные сведения

Особенности системы	Система для токарной обработки крупногабаритных деталей
Фирма-изготовитель	«Тосиба кикай»
Фирма-пользователь	«Исикавадзима дзюкогё» (завод в г. Курэ)
Год начала эксплуатации	1977
Обрабатываемые изделия:	
Форма и материал	Детали типа тел вращения, чугунное литье, сталь
Габариты, мм	Ø 2000, длина 1250, масса 1,5 т с использованием автопогрузчика грузоподъемностью до 5 т

Компоновочная структура ГПС TS-1 приведена на рис. 26.

Состав основного оборудования

1. Три центра токарной обработки (*TMC-18A* фирмы «Тосиба кикай»). Максимальный диаметр точения 2000 мм, предельная высота точения 1250 мм, диаметр спутника 1800 мм. Емкость автоматического инструментального магазина 16 инструментов. Грузоподъемность спутника до 5 т. Каретка суппорта соосна со шпинделем. Скорость вращения стола 3,2—1600 мин⁻¹ (два диапазона). Скорость вращения шпинделя 20—1000 мин⁻¹ (два диапазона). Привод стола от электродвигателя постоянного тока мощностью 45 кВт. Мощность электродвигателя постоянного тока для главного привода 7,5 кВт. Управление ведется по трем координатам.

2. Вертикальный токарный станок (*DORRIES CT-180* модифицированный). Максимальный диаметр точения 2000 мм, предельная высота точения 850 мм. Оборудован шестигранной револьверной головкой. Скорость вращения стола 2,85—150 мин⁻¹. Привод от электродвигателя постоянного тока мощностью 30 кВт. Способ управления *BTR*.

3. Диапазоны обработки: расточка до Ø 300 мм на глубину до 400 мм, сверление до Ø 6—65 мм на глубину до 400 мм, нарезание резьбы метчиками *M8—M20* (по второму классу точности японского промышленного стандарта).

4. Точность обработки: точность поворота стола $\pm 40''$, эксцентricность при расточке 0,01 мм, эллипсоидность 0,01/120 мм, точность шага $\pm 0,1$ мм.

Состав транспортной подсистемы

1. Самоходный автопогрузчик (фирмы «Тосиба кикай»). Рельсовые тележки грузоподъемностью 1,5 т со скоростью перемещения 30 м/мин. Габариты 2500×5800 мм, собственная масса 8 т. Питание переменным током, потребляемая мощность 3,7 кВт с беспроводным способом подачи электроэнергии. Останов в заданной точке осуществляется с помощью механического реле.

2. Спутник круглой формы Ø 1800 мм. Код спутника считывается устройством для считывания, установленным на автопогрузчике. В системе одновременно перемещаются 12 спутников.

3. На загрузочно-разгрузочной станции имеются гидравлическое центрирующее устройство и манипулятор на автопогрузчике для установки спутников.

Дополнительные замечания

1. Для уборки чугушной и стальной стружки имеются два различных конвейера. Привод от электродвигателя переменного тока мощностью 3,7 кВт.

2. В дневное время систему обслуживают два человека, в ночное — один человек.

3. Имеется устройство для сбора отработанной СОЖ. Расход водной эмульсии 800 л/мин. Емкость бака 6000 л.

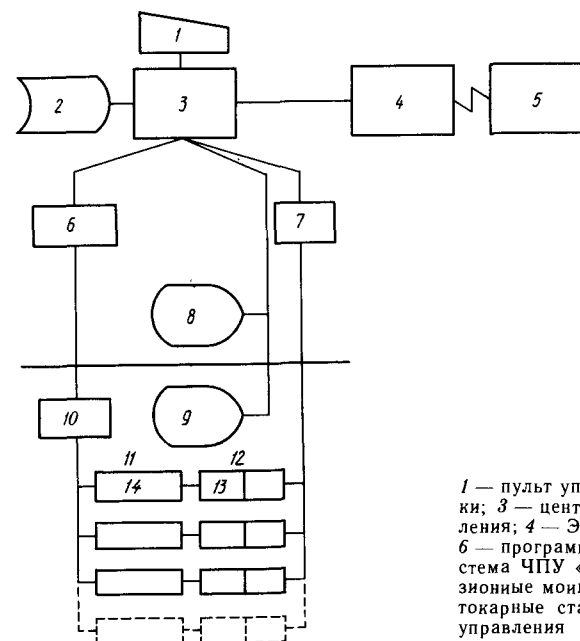


Рис. 27.

1 — пульт управления; 2 — магнитные диски; 3 — централизованная система управления; 4 — ЭВМ S/7-E40; 5 — ЭВМ S/370; 6 — программируемый интерфейс; 7 — система ЧПУ «Тоснук 1900»; 8, 9 — телевизионные мониторы; 10 — контроллер; 11 — токарные станки *TMC-18A*; 12 — система управления станками; 13 — ЧПУ; 14 — пульт управления

Информационно-управляющая структура ГПС *TS-1* приведена на рис. 27.

Программное обеспечение ЭВМ и периферийное оборудование

1. Система управления фирмы «Ай Би Эм», серия *S/7-E40*: внешняя память на магнитных дисках 5022.
2. Программируемый контроллер. Устройство ЧПУ типа «ТОСНУК-300L1».
3. Два дисплея с ЭЛТ, центральный пульт управления.
4. Возможна обработка несимметричных корпусных деталей.

Разработчики основного оборудования «Исикавадзима харима дзюкогё», «Тосиба кикай», «Ай Би Эм».

Гибкая производственная система *TS-2** («Систем Хокуэцу»)

Основные сведения

Особенности системы	Упрощенные автоматические обрабатываемые модули
Фирма-изготовитель	«Тосиба кикай»
Фирма-пользователь	«Китаэцу коги» (завод в Есида)
Год начала эксплуатации	1980
Обрабатываемые изделия:	

* См [48, 65].

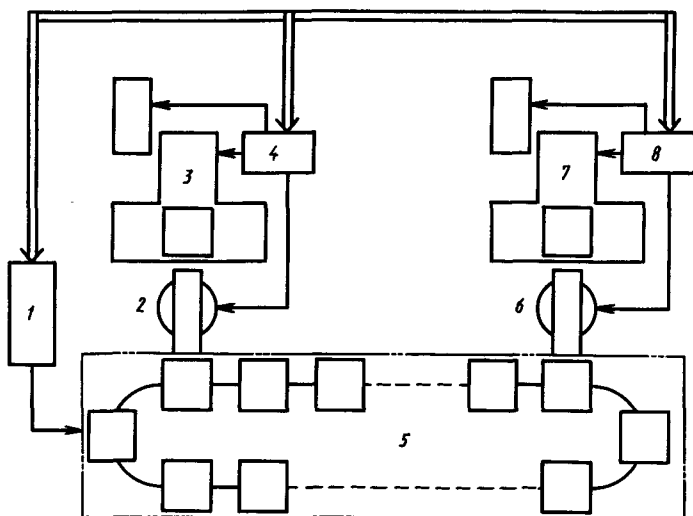


Рис. 28.

1 — контроллер; 2 — устройство замены спутников; 3 — горизонтальный многоцелевой станок ВМС-3; 4 — устройство ЧПУ; 5 — накопитель спутников; 6 — устройство замены спутников; 7 — горизонтальный многоцелевой станок «ВМС-3»; 8 — устройство ЧПУ

Наименование	Корпуса и цилиндры для компрессоров (40 видов)
Форма и материал	Корпусные детали, чугунное литье (FC25)
Фактическая производительность, шт/мес	1800 (размер партий 1—10 шт.)

Компоновочная структура ГПС *TS-2* приведена на рис. 28.

Состав основного оборудования

1. Два горизонтальных многоцелевых станка (*ВМС-3* фирмы «Тошиба кикай»). Рабочие перемещения $800 \times 800 \times 800$ мм. Мощность электродвигателя постоянного тока главного привода 9 кВт. Скорость вращения 28—3150 мин⁻¹. Имеется автоматический инструментальный магазин на 60 инструментов. Применяется устройство ЧПУ модели «*ТОНУК-500МХ*».

2. Осуществляются: контроль стабильности режима резания и компенсация влияния тепловых деформаций по оси Z, стабилизация усилия резания.

3. Габариты спутников 630×630 мм, максимальная грузоподъемность 1 т, общее количество спутников — 18.

Состав транспортной подсистемы

1. Два автоматических устройства для замены спутников (фирмы «Тосиба кикай»).

2. Накопитель спутников (фирмы «Тосиба кикай»). Емкость накопителя 16 спутников. Спутники располагаются на нем в произвольном порядке между двумя устройствами для смены спутников. При подходе нужного спутника устройства захватывают его. Обработываемое изделие зажимается на спутнике.

Дополнительные замечания

1. Система работает 22 ч в сутки, для этого задается программа и производится замена изношенного инструмента.

2. В дневную смену систему обслуживает один человек. В ночное время система работает по безлюдной технологии.

3. В фирме «Тосиба кикай» эта система известна под шифром *FMS-T5003*.

4. В случае сбоя обрабатываемая деталь снимается со станка. Если происходит поломка режущей кромки, инструмент заменяется, а обработка продолжается в автоматическом режиме.

Информационно-управляющая структура ГПС *TS-2* приведена на рис. 29.

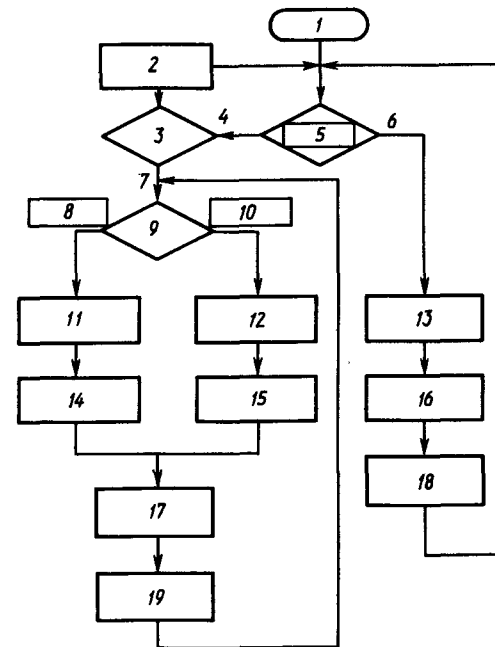


Рис. 29.

1 — «START»; 2 — постоянный список заданий (режим JLOFF); 3 — JL (список заданий) имеется?; 4 — NO (нет); 5 — JLOFF?; 6 — YES (да); 7 — YES (да); 8 — JL AUTO; 9 — режим управления?; 10 — JL MAN; 11 — автоматический выбор спутника; 12 — ручной выбор спутника; 13 — ручной выбор спутника; 14 — автоматическая замена спутника; 15 — MDI : M60; 16 — MDI : M60; 17 — автоматическое распределение программы; 18 — разделение программы блоком MDI; 19 — обновление JL

Возможности программного обеспечения

1. Планирование и учет хода производства, прямое управление транспортной подсистемой.

2. Ввод и вывод с дисплея перечня номеров спутников, находящихся на накопительном устройстве, данных о производственной про-

грамме, информации о прохождении управляющей программы и сервисной информации.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Контроллер для управления циклами работы фирмы «Тосика кикай».
2. Пульт ввода данных для контроллера, пульт вывода информации о процессе обработки.
3. Имеются все условия для организации работы по безлюдной технологии в ночное время.

Время разработки	Два месяца
Количество разработчиков	Один человек
Стоимость разработки, млн. иен	130
Разработчик оборудования	«Тосика кикай»

Гибкая производственная система TS-3*

Основные сведения

Особенности системы	Автоматическая обработка изделий повышенной точности (3600 типов)
Фирма-изготовитель	«Тосика кикай» с участием трех фирм
Фирма-пользователь	«Тосика тангарой» (завод в Кавасаки)
Год начала эксплуатации	1980
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Диски составных фрез, стержни токарных резцов

* См. [44, 53, 76, 77].

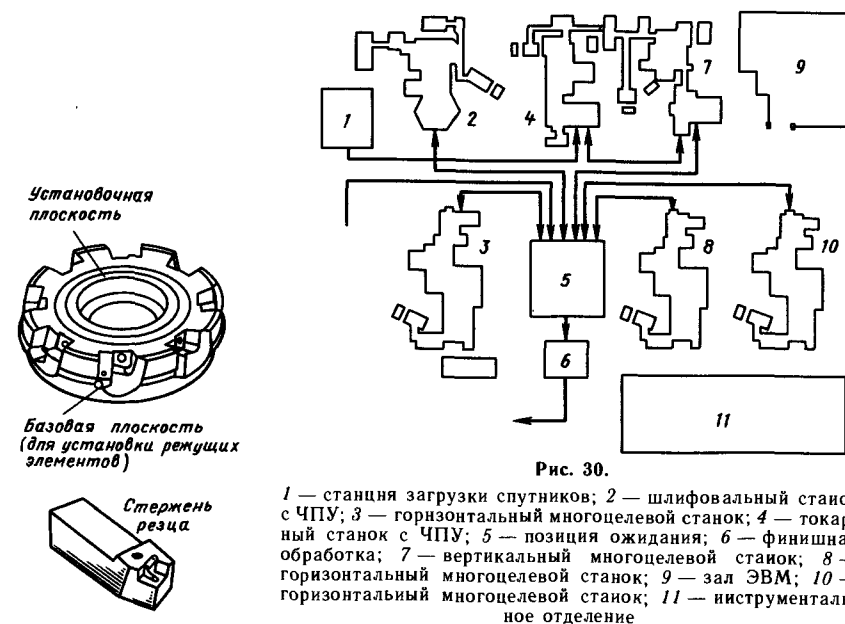


Рис. 30.

Форма и материал	Детали типа тел вращения (диски составных фрез) — 1500 типов; призматические детали (стержни резцов) — 2100 типов; 300 типов — стандартные
Максимальные габариты, мм	Детали типа тел вращения диаметром 50—300 и длиной 30—200, призматические детали шириной 16—50 и длиной 50—300; максимальная масса 50 кг

Фактическая производительность, шт/мес	430
--------------------------------------------------	-----

Компоновочная структура ГПС TS-3 приведена на рис. 30.

Состав основного оборудования

1. Токарный станок с ЧПУ. Высота над станиной 500 мм. Расстояние между центрами 1000 мм. Мощность электродвигателя 15 кВт. Скорость вращения 100—2500 мин⁻¹. Управление ведется одновременно по двум координатам. Дискретность задания перемещений 0,001 мм.
2. Вертикальный многоцелевой станок. Величины перемещений по координатам 1050, 510, 500 мм. Мощность электродвигателя 7,5 кВт. Скорость вращения 28—3500 мин⁻¹. Управление одновременно ведется по трем координатам. Дискретность задания перемещения 0,001 мм.
3. Два горизонтальных многоцелевых станка (малогабаритные). Величины перемещений по координатам 800, 630, 630 мм. Мощность электродвигателя 7,5 кВт. Скорость вращения 28—3150 мин⁻¹. Управление ведется одновременно по пяти координатам. Дискретность задания перемещения 0,001 мм и 0,0025 мм.
4. Горизонтальный многоцелевой станок (среднегабаритный). Величины перемещений по координатам 1000, 800, 800 мм. Мощность электродвигателя 9 кВт. Скорость вращения 28—3150 мин⁻¹. Управление ведется одновременно по пяти координатам. Дискретность задания перемещения 0,001 мм и 0,0025 мм.
5. Комбинированный шлифовальный станок. Рабочий ход при наружном плоском шлифовании 590 мм, при внутреннем цилиндрическом шлифовании 540 мм. Мощность электродвигателя 7,5 кВт/2,2 кВт. Скорость вращения 1500/12 000 мин⁻¹. Управление ведется одновременно по пяти координатам. Дискретность задания перемещения 0,001 мм.
6. Продолжительность полного цикла обработки на токарном станке с ЧПУ, вертикальном многоцелевом станке и шлифовальном станке 0,2—0,3 ч, на остальных станках — один час.

Состав транспортной подсистемы

1. Каждый станок оборудован магазином на десять заготовок и автоматическим манипулятором для загрузки и разгрузки (в том числе и для кантования заготовок).
2. На токарном и вертикальном многоцелевом станках предусмотрен специальный зажим. На остальных станках применяются стандартные зажимные устройства.

3. Передача с участка подготовки заготовок, а также установка заготовок в магазины осуществляются вручную.

4. Обработка крупногабаритных заготовок возможна без автоматического зажима.

Дополнительные замечания

1. Система работает круглые сутки в три смены. В ночную смену часть станков работает по безлюдной технологии.

Для обслуживания системы в дневное время требуются четыре человека; в ночное время — два человека. Для обслуживания системы управления необходим обслуживающий персонал в количестве девяти человек. Всего систему обслуживают 16 человек вместо 70 человек, которые были заняты в аналогичном производстве до внедрения системы.

2. За семь месяцев эксплуатации время аварийного простоя составило 2 % всего рабочего времени.

3. Применение обычных зажимных устройств (зажимные оправки) позволяет достичь точности установки $\pm 0,005$ мм.

4. На шлифовальном станке при шлифовании внутренних цилиндрических поверхностей ($\varnothing 19-80$ мм) используется система ЧПУ и достигается точность обработки класса *IT6*.

5. На многоцелевых станках ведется управление по пяти координатам. Имеется компенсация тепловых деформаций по оси главного привода, повышающая точность обработки на 30 %.

6. При автоматическом обнаружении поломки инструмента автоматически происходит его замена. Контроль износа инструмента — по току электродвигателя главного привода.

7. С введением системы произошла интенсификация технологического процесса обработки: коэффициент использования оборудования повысился с 0,2 до 0,7 %, производственные площади сократились в четыре раза, количество обрабатываемых станков сократилось с 15 до восьми, а длительность производственного цикла — с 19 до четырех дней.

Возможности программного обеспечения (табл. 2)

1. Автоматическое программирование.
2. Автоматический учет времени обработки и ресурса рабочего времени.

3. Автоматическое составление производственной программы (на 3 дня).

Основные функции:

1. Управление системой.
2. Интерполирование данных для систем ЧПУ.
3. Математическая обработка данных для систем ЧПУ.
4. Учет результатов работы.
5. Учет ресурса рабочего времени.
6. Различные программы организации хранения данных.

2 Перечень управляющих команд

	Команда	Полное написание	Содержание команды
Управление производственной деятельностью	<i>LJ</i>	<i>Load JL</i>	Считывание информации с перфоленты
	<i>JL</i>	<i>Job List</i>	Перечень директив
	<i>EJ</i>	<i>Edit JL</i>	Управление редактирующей программой
	<i>MS</i>	<i>Machine Status</i>	Вызов информации о состоянии ЭВМ
	<i>LT</i>	<i>Log Today</i>	Вывод протокола текущего дня
	<i>LP</i>	<i>Log Punch</i>	Вывод протокола предыдущих дней на бумажный носитель
Управление устройствами прямого ЧПУ	<i>EL</i>	<i>Event Log</i>	Вывод информации о сбоях в системе
	<i>LO</i>	<i>Load</i>	Считывание данных с перфоленты
	<i>DU</i>	<i>Dump</i>	Распечатка данных
	<i>CY</i>	<i>Copy</i>	Распечатка управляющей программы
	<i>CV</i>	<i>Convert</i>	Перекодировка данных
	<i>ER</i>	<i>Erase</i>	Исключение данных
	<i>LI</i>	<i>List</i>	Вывод данных
	<i>PR</i>	<i>Proof</i>	Редактирование данных
	<i>IN</i>	<i>Index</i>	Вывод индекса базы данных, а также статистических сведений
	<i>TS</i>	<i>Tool Set</i>	Считывание файла данных об инструменте
	<i>TL</i>	<i>Tool List</i>	Распечатка файла данных об инструменте
	<i>ET</i>	<i>Edit Tool file</i>	Редактирование файла данных об инструменте
	<i>TE</i>	<i>Tool Erase</i>	Исключение файла данных об инструменте
Внутрисистемное управление	<i>TI</i>	<i>Time set</i>	Ввод в систему исходного времени отсчета
	<i>DB</i>	<i>DeBug</i>	Отладка

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Мини-ЭВМ «ТОСБАК-40» с объемом оперативной памяти 64 К байт. Внешняя память на магнитных дисках объемом 9,6 М байт.

2. Печатающее устройство, устройство для считывания с перфоленты, перфоратор, дисплей с ЭЛТ.

Характеристики программного обеспечения

1. Система работает в монопольном режиме с использованием только половины объема памяти.

2. Производственная программа разрабатывается на три дня. За основу берут максимальную дневную производительность.

Разработка системы

Время разработки	1 год 4 мес
Стоимость разработки, млн. ден	500
Разработчики оборудования	«Тосиба кикай», «Бокуя фурайсу», «Икэгай тэкко», «Токё сибатура дэнки», «Тосиба тангарой»

Дополнительные замечания

1. В целях повышения производительности необходимо, чтобы каждый модуль мог работать в ночное время по безлюдной технологии.
2. Размер партий обрабатываемых деталей — десять штук.

Гибкая производственная система TS-4* (Система для обработки гребных винтов)

Основные сведения

Фирма-изготовитель	«Тосиба кикай»
Фирма-пользователь	«Накасима пуропэра»
Год начала эксплуатации	1981
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Гребные винты для рыболовецких судов (4000 видов — 91 группа)
Материал	Сплавы на основе меди, ALBC3, HBsC1
Максимальные габариты	Ø 400—1000 мм
Фактическая производительность, шт/сут	30 (при диаметре винта 800 мм) (размер партий — до одной детали)

Компоновочная структура ГПС TS-4 приведена на рис. 31.

Состав основного оборудования

Горизонтальный многоцелевой станок (ВСМ-8В фирмы «Тосиба кикай»). Одновременно ведется обработка фрезой Ø 100 мм и шлифовальными головками Ø 30 и 50 мм. Величина перемещения стола 1000 мм. Мощность электродвигателя постоянного тока 9 кВт. Дискретность поворота делительного стола 5°. Станком управляет устройство ЧПУ марки «ТОСНУК 500МХ».

* См. [59].

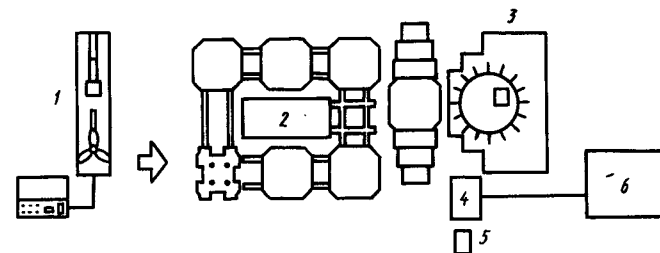


Рис. 31.

1 — трехкоординатное автоматическое измерительное устройство; 2 — накопитель на шесть спутников; 3 — горизонтальный многоцелевой станок ВМС-8В; 4 — устройство ЧПУ; 5 — место оператора; 6 — ЭВМ

Дополнительные замечания

1. Устройство для автоматических измерений по трем координатам («СПЭЙС-1» фирмы «Сумитомо»). Литые заготовки замеряют с точностью до 0,1 мм. Производится измерение пространственной формы деталей (винты Ø 380—1000 мм) по четырем координатам.
2. На спутнике обрабатываемая деталь может быть повернута под углом 30°. Габарит спутника 800×800 мм, грузоподъемность 1,5 тонны.
3. Заготовка устанавливается на спутник вручную.

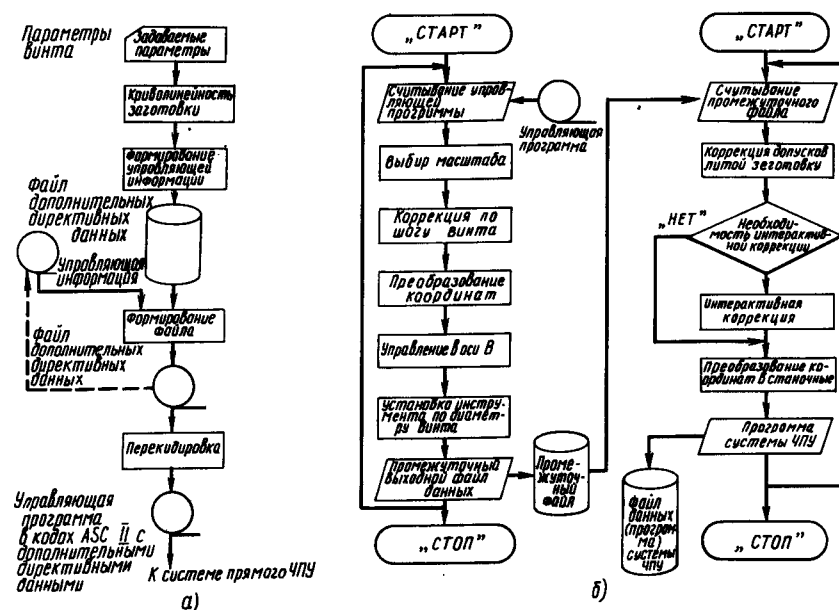


Рис. 32.

а — расчет управляющей программы (главная ЭВМ); б — программа ЧПУ (ЭВМ системы прямого ЧПУ)

4. Магазин для спутников емкостью в шесть спутников (PMG-816S фирмы «Тосиба кикай»).

5. Обработка винта $\varnothing 800$ мм вручную длилась три часа. С внедрением системы время обработки сократилось втрое. Время выполнения заказа от его получения до отгрузки изделия снизилось до трех дней.

6. По сравнению с работой в ручном режиме точность обработки возросла втрое. Количество литейных форм уменьшилось до 1000 типов.

Информационно-управляющая структура ГПС TS-4 приведена на рис. 32.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. ЭВМ «ТОСБАК 7/10» для прямого ЧПУ. Устройство ЧПУ «ТОСНУК-500MX», устройства для считывания с магнитной ленты, внешняя память на магнитных дисках объемом 9,9 М байт.

2. Устройство для считывания с перфоленты, быстропечатающее устройство, дисплей с ЭЛТ.

Характеристики программного обеспечения

1. 4000 гребных винтов объединены в 91 группу по виду криволинейных поверхностей. Типизация с помощью универсальной ЭВМ «CLDATA».

2. При поступлении на обработку какого-либо винта происходит обращение к ЭВМ «CLDATA» (ПЗУ на 400 К байт) и соответствующая информация (диаметр, число лопастей, шаг — т. е. вся необходимая информация для системы ЧПУ) с магнитной ленты подается на ЭВМ для системы прямого ЧПУ.

3. В систему прямого ЧПУ вводится информация от измерительного устройства о параметрах и форме литой заготовки.

Разработка системы

Стоимость разработки, млн. иен 200

Разработчики оборудования «Накасида пуропэра», «Тосиба кикай», «Сумитомо дзюки»

Состояние системы и перспективы развития

1. ГПС позволяет принимать заказы на обработку новых заготовок. После получения заказа детали могут быть запущены в производство немедленно.

2. Режимы обработки корректируются по информации измерительного устройства.

Гибкая производственная система ОК-1* (ГПС MC-1)

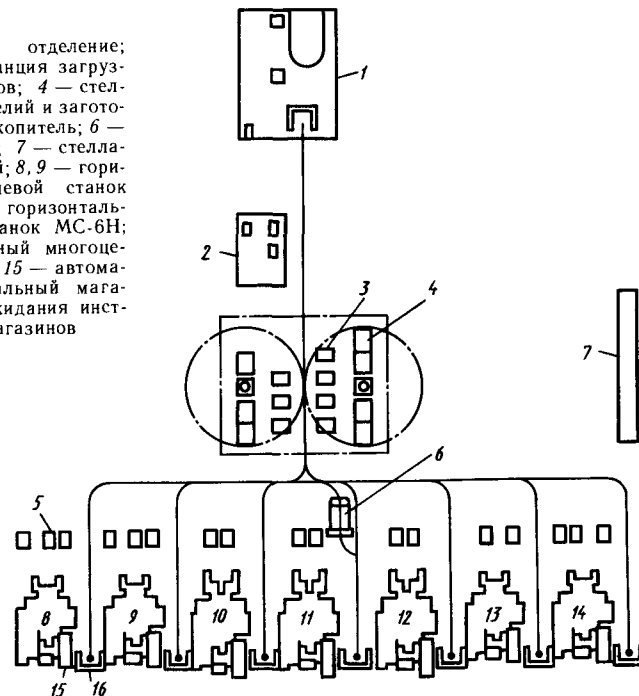
Основные сведения

Фирма-изготовитель «Окума тэккосё»

* См. [96, 97].

Рис. 33.

1 — инструментальное отделение; 2 — зал ЭВМ; 3 — станция загрузки-разгрузки спутников; 4 — стеллажи для готовых изделий и заготовок; 5 — буферный накопитель; 6 — индуктивная тележка; 7 — стеллажи для приспособлений; 8, 9 — горизонтальный многоцелевой станок MC-5H; 10, 11, 12 — горизонтальный многоцелевой станок MC-6H; 13, 14 — горизонтальный многоцелевой станок MC-5H; 15 — автоматический инструментальный магазин; 16 — позиция ожидания инструментальных магазинов



Фирма-пользователь «Окума тэккосё» (завод в Огути)

Год начала эксплуатации 1982

Обрабатываемые изделия:

Наименование Головки и суппорты металлорежущих станков (95 типов)

Форма и материал Корпусные детали, чугуны, литье

Максимальные габариты, мм 500 × 500 × 500, масса до 1 т

Такт выпуска, ч 1,9 (размер партий 5—20 шт.)

Компоновочная структура ГПС MC-1 приведена на рис. 33.

Состав основного оборудования

1. Семь горизонтальных многоцелевых станков с ЧПУ типа CNC (четыре MC-5H и три MC-6H фирмы «Окума тэккосё»). Автоматические инструментальные магазины на 70 инструментов. Поворотные столы 500 × 500 мм (у станков MC-6H габарит поворотного стола 630 × 630 мм). Мощность электродвигателей главных приводов 7,5 кВт. Для обеспечения возможности работы по безлюдной технологии осуществляются: учет ресурса инструмента, компенсация износа инструмента, автоматическое центрирование, стабилизация режимов резания (по изменению тока в обмотках электродвигателя).

2. Многоцелевые станки оснащены инструментальными магазинами. Набор инструментов комплектуется в инструментальном отделении. Магазин заряжается и устанавливается на спутник с помощью манипулятора.

Состав транспортной подсистемы

1. Индуктивная робокара (фирмы «Мурата кикай») для транспортирования спутников и инструментальных магазинов. Останов тележки — по металлическим пластинам в полу цеха, обеспечивается точность останова ± 1 мм. Ширина колеи тележки 1,5 м.

2. На позиции загрузки-разгрузки заготовки устанавливаются на спутники. В позиции ожидания многоцелевого станка имеется манипулятор, устанавливающий деталь на станок.

3. В инструментальном отделении хранится инструмент 500 типов.

4. Длина трассы движения тележки 160 м. Она может останавливаться в 47 фиксированных точках и обслуживать 17 позиций ожидания.

Дополнительные замечания

1. На позиции загрузки-разгрузки спутников управление осуществляется ЭВМ. В системе имеется кондиционер воздуха.

2. Система оснащена автоматическим пневматическим устройством для сбора стружки.

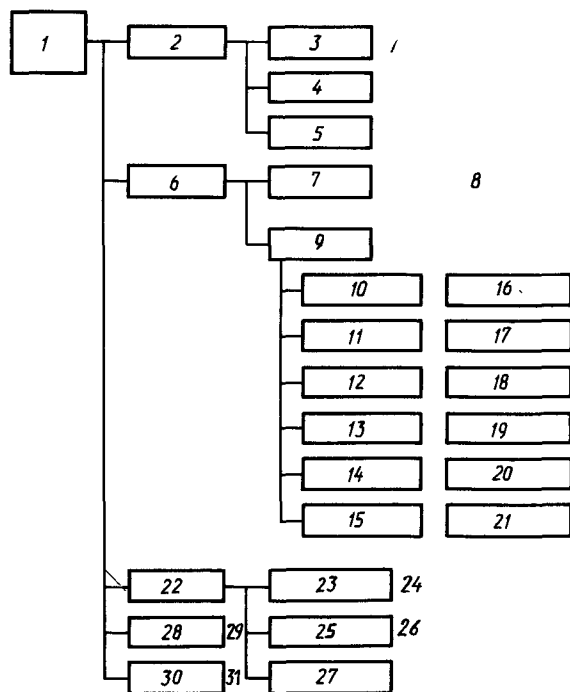


Рис. 34.

1 — блок управления ГПС; 2 — управление данными; 3 — ввод данных; 4 — вывод данных; 5 — редактирование; 6 — управление операцией на станке; 7 — подготовка операции; 8 — автоматическое включение, контроль данных, контроль начала операции и др.; 9 — управление операцией; 10 — автоматическое начало операции; 11 — смена инструмента; 12 — управление следящей системой; 13 — распределение данных; 14 — обновление данных; 15 — управление транспортом; 16 — контроль процесса резания; 17 — управление последовательностью обработки; 18 — единичный и многократный контроль исполнения; 19 — автоматическое или ручное управление; 20 — автоматическое выключение источника энергии; 21 — индикация предварительной установки; 22 — контроль производственных процессов; 23 — контроль состояния производства; 24 — регистрация отклонений; 25 — контроль операций резания; 26 — ресурс инструмента, поломка инструмента, контроль размеров; 27 — контроль продолжительности цикла обработки; 28 — контроль результатов; 29 — результаты процесса обработки, контроль размеров и др.; 30 — индикация состояния; 31 — контроль операции, световая и звуковая сигнализация

контроль состояния производства; 24 — регистрация отклонений; 25 — контроль операций резания; 26 — ресурс инструмента, поломка инструмента, контроль размеров; 27 — контроль продолжительности цикла обработки; 28 — контроль результатов; 29 — результаты процесса обработки, контроль размеров и др.; 30 — индикация состояния; 31 — контроль операции, световая и звуковая сигнализация

3. Обслуживающий персонал: на позиции загрузки-разгрузки — два человека, в инструментальном отделении — один человек, в отделении ЭВМ — один человек. В ночное время система работает по безлюдной технологии.

4. Для работы по существовавшей ранее технологии требовалось десять человек. Коэффициент использования оборудования повысился на 20 %.

5. Инструменты и заготовки транспортируются на одной робокаре. Информационно-управляющая структура ГПС МС-1 приведена на рис. 34.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Управляющая ЭВМ «КАМПУС 5000» (фирма «Окума») с объемом оперативной памяти 256 К байт. Внешняя память на гибких дисках объемом 1 М байт.

2. ЭВМ «КАМПУС 5000В» для управления транспортной подсистемой.

Характеристики программного обеспечения

1. Управление системой и управление транспортной подсистемой разделено. Этим достигаются высокая гибкость системы и возможность ее наращивания.

2. Возможно автоматическое редактирование программ.

3. Линии связи управляющей ЭВМ и устройств ЧПУ выполнены на волоконной оптике.

Разработка системы

Длительность разработки 6 мес.

Стоимость разработки, млн. иен 450

Разработчик оборудования «Окума тэккосё»

Состояние системы и перспективы развития

1. Станции загрузки-разгрузки закреплены за каждым многоцелевым станком; возможна организация обслуживания станков по групповому принципу.

2. Из инструментального отделения магазины с инструментом доставляются на позицию ожидания автоматически. Возможен возврат инструмента в инструментальное отделение в автоматическом режиме.

Гибкая производственная система ОК-2*

Основные сведения

Особенности системы Загрузка-разгрузка станков с помощью промышленных роботов
Фирма-изготовитель «Окума тэккосё»

* См. [57].

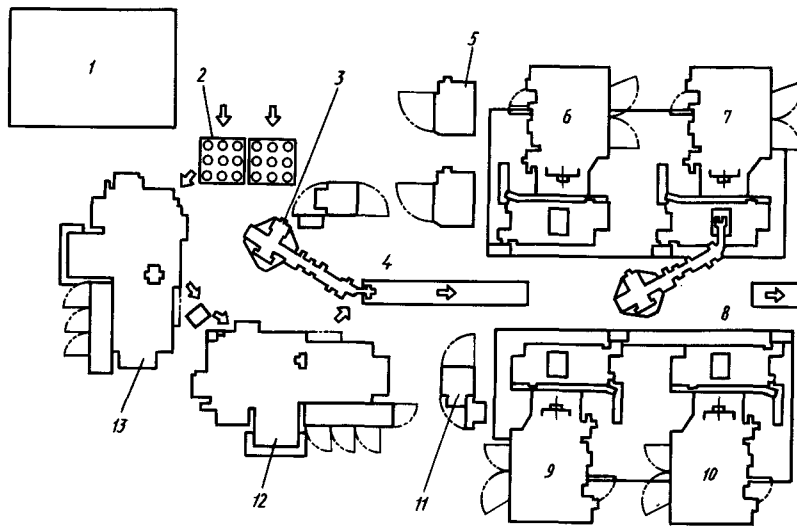


Рис. 35.

1 — зал ЭВМ; 2 — многоступенчатые спутники; 3 — робот; 4 — транспортер; 5 — блок питания; 6, 7 — горизонтальные многоцелевые станки MC-5A; 8 — выводной транспортер; 9, 10 — горизонтальные многоцелевые станки MC-5A; 11 — блок управления роботом; 12 — токарный станок с ЧПУ LC-40-1ST; 13 — токарный станок с ЧПУ

Год начала эксплуатации 1982

Обрабатываемые изделия:

Наименование Заслонки трубопроводов, наконечники бурового инструмента (54 типов)

Форма и материал Изделия сложной формы из высоколегированной стали

Такт выпуска, мин 10

Компоновочная структура ГПС ОК-2 приведена на рис. 35.

Состав основного оборудования

1. Два токарных станка с ЧПУ (LC40-2ST, LC40-1ST фирмы «Окума»). Один станок предназначен для расточки внутренних поверхностей, второй — для точения наружных поверхностей.

2. Четыре многоцелевых станка (MC-5A фирмы «Окума»). Автоматические инструментальные магазины на 50 инструментов. Все четыре станка однотипны. Осуществляется идентификация заготовки, коррекция длины инструмента.

Состав транспортной подсистемы

1. Два промышленных робота. Один робот обслуживает два токарных станка, другой — четыре многоцелевых станка.

2. Один транспортер для транспортной связи между группой токарных станков и группой многоцелевых станков.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. ЭВМ «Кампус-А» для управления системой.

Гибкая производственная система MF-1* (Система с самонастраивающимися многоцелевыми станками)

Основные сведения

Особенности системы	Обработка средне- и малогабаритных заготовок
Фирма-изготовитель	«Макино фурайсу»
Фирма-пользователь	«Янма дэйдзэру» (завод в Амагасаки)
Год начала эксплуатации	1972
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Головки цилиндров для дизельных двигателей небольшой мощности
Форма и материал	Корпусные детали, чугунолитые (FC)
Максимальные габариты, мм	400×600×200, масса 60—180 кг
Такт выпуска, мин	40 (размер партий 12—20 шт)

Компоновочная структура ГПС MF-1 приведена на рис. 36.

* См. [3, 5, 66].

Состав основного оборудования

1. Пять самонастраивающихся многоцелевых станков (MCP 108-A60-AC фирмы «Макино фурайсу»). Перемещения по координатам 1050×760×550 мм. Габариты делительного стола 550×550 мм. Ча-

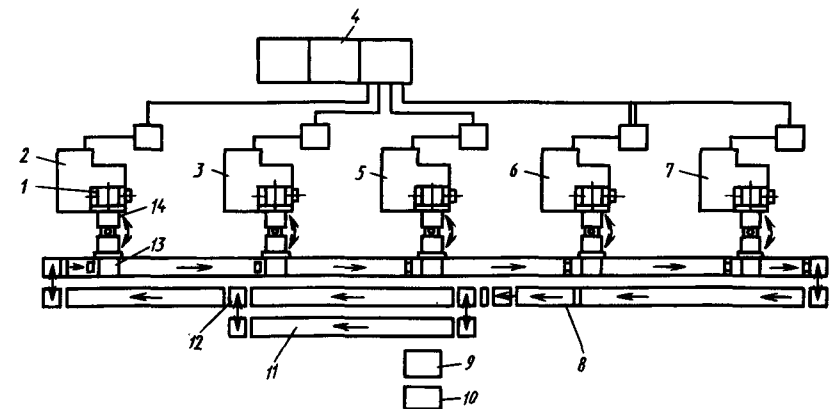


Рис. 36.

1 — станция установки спутника; 2, 3 — горизонтальные многоцелевые станки MCP108-A60-AC; 4 — блок управления; 5, 6, 7 — горизонтальные многоцелевые станки MCP108-A60-AC; 8 — моечная станция; 9 — пульт управления; 10 — устройство контроля ресурса инструмента; 11 — загрузочно-разгрузочная станция; 12 — челночный манипулятор; 13 — лифт; 14 — автоматическое устройство замены спутников

стота вращения главного привода 28—3150 мин⁻¹, подача 0—2400 мм/мин. Мощность электродвигателя постоянного тока главного привода 7,5 кВт. Автоматические инструментальные магазины у первых четырех станков рассчитаны на 60 инструментов, у пятого станка — на 100 инструментов. Время смены инструмента 3 с. Усилие резания изменяется по току в обмотках электродвигателей главных приводов. В зависимости от усилия резания регулируется подача.

Состав транспортной подсистемы

1. Для транспортирования спутников применяется транспортер. Скорость перемещения спутников на обработку 0,1 м/с, скорость возврата 0,3 м/с.

2. Габариты спутника 550×550×80 мм. В нижней части прикреплена адресная кодовая пластина, взаимодействующая с концевым переключателем.

3. Время срабатывания автоматического устройства для замены спутников менее 50 с.

4. Транспортная система может работать в четырех режимах (в режиме последовательного обслуживания пяти многоцелевых станков, в режиме связи двух групп станков, в режиме обслуживания пяти станков в произвольной последовательности и в режиме автономного обслуживания каждого станка).

Дополнительные замечания

1. Имеется устройство для контроля ресурса инструмента (в работе находятся 240 инструментов). Максимальное время работы инструмента 500 мин.

2. Частота смены инструмента — один раз в три дня.

3. Спутник поднимается лифтом на уровень автоматического устройства для замены спутников, которое подает его на обработку.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Управляющая система «Фанук КО» рассчитана на управление по 32 координатам. Объем оперативной памяти 8 К слов, объем внешней памяти на магнитном барабане 256 К слов.

2. Алфавитно-цифровое печатающее устройство, устройство для считывания с перфоленты, перфоратор.

Гибкая производственная система MF-2*

Основные сведения

Особенности системы	Система с комбинированными многоцелевыми станками, расположенными вдоль транспортера, для обработки крупногабаритных изделий
Фирма-изготовитель	«Макино фурайсу»

* См. [2, 66].

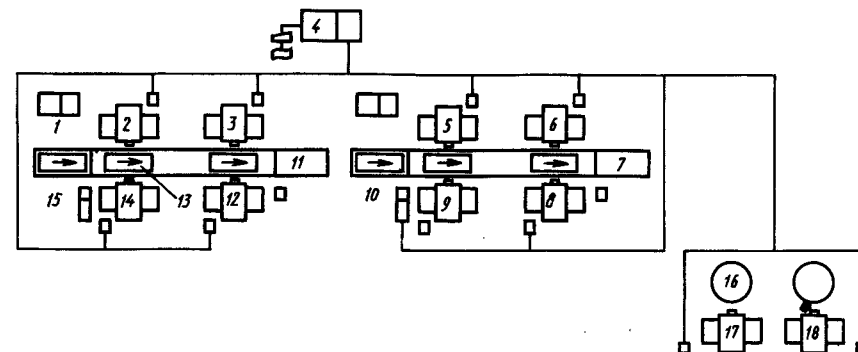


Рис. 37.

1 — станция регенерации масла; 2, 3 — горизонтальные многоцелевые станки FMCP-1160-A20R; 4 — система управления; 5, 6 — горизонтальные многоцелевые станки FMCP-1160-A20R; 7 — станция загрузки; 8, 9 — горизонтальные многоцелевые станки FMCP-1160-A20R; 10 — станция загрузки; 11 — станция разгрузки; 12 — горизонтальный многоцелевой станок FMCP-1160-A20R; 13 — спутник; 14 — горизонтальный многоцелевой станок; 15 — станция загрузки; 16 — поворотный стол; 17, 18 — горизонтальные многоцелевые станки (для обработки двух базовых поверхностей)

Фирма-пользователь «Яма эйдзэру» (завод в Амагасаки)
Год начала эксплуатации 1976

Обрабатываемые изделия:

Наименование Корпуса цилиндров дизельных двигателей десяти типов
Форма и материал Корпусные детали, чугунное литье
Максимальные габариты 1200×1200×4000 мм, максимальная масса 5 т
Такт выпуска, мин 40—90 (размер партии 1 шт.)

Компоновочная структура ГПС MF-2 приведена на рис. 37.

Состав основного оборудования

1. Восемь горизонтальных многоцелевых станков (FMCP-1160-A20R фирмы «Макино»).

Диапазоны перемещений суппорта (X) 1100 мм, патрона на главном валу (Y) 600 мм, консоли (Z) 600 мм.

Главный привод: частота вращения 40—2240 мин⁻¹, мощность 5,5 кВт, изменение частоты вращения (ступенчато через 10 мин⁻¹).

Автоматический инструментальный магазин: вместимость 20 инструментов, последовательность выбора инструмента произвольная, время смены инструмента 5 с, максимальный размер инструмента Ø 150—300 мм.

2. Два многоцелевых станка для обработки торцовых поверхностей (оснащены поворотными столами).

Состав транспортной подсистемы

1. Устройство для автоматической подачи спутников. Всего шесть спутников (2500×1200×200 мм, масса 2,8 т). Транспортируемая масса 8 т, подача 3 м/мин. Усилие зажима спутника 4,5 т.

2. Стабильность остановки спутника в заданной позиции — 20 мкм (с помощью специального устройства).

Дополнительные замечания

1. Многоцелевые станки 3, 4, 7, 8 установлены на фундаменте выше пола на 50 см. Станки 2, 5 и 6 имеют широкую зону обслуживания. На многоцелевом станке 5 можно обрабатывать наклонные поверхности. Для этого он оборудован столом с регулируемым наклоном.

2. После останова спутника точность его положения автоматически регулируется.

3. На многоцелевом станке 5 возможно автоматическое центрирование и обработка базовых отверстий.

4. Один из многоцелевых станков является комбинированным.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Управляющая система «Фанук КО» с объемом оперативной памяти 8 К слов, внешняя память объемом 524 слова.

2. Алфавитно-цифровое печатающее устройство, устройство для считывания с перфоленды, перфоратор.

Гибкая производственная система УМ-1* (FMF)

Основные сведения

Особенности системы	Обработка крупногабаритных заготовок с автоматической подачей инструментальных магазинов
Фирма-изготовитель	«Ямадзаки тэцу косё»
Фирма-пользователь	«Ямадзаки тэцу косё» (основной завод)
Год начала эксплуатации	1981
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Патроны, стойки, станины 74 типов для крупногабаритных металлорежущих станков
Форма и материал	Корпусные детали, чугун
Максимальные габариты, мм	Крупногабаритные изделия 3000 × 3000, среднегабаритные — 500—1000 × 500—1000
Расчетная производительность, шт/мес	1400 (размер партий 5—10 шт.)

Компоновочная структура ГПС УМ-1 приведена на рис. 38.

Состав основного оборудования

Для обработки крупногабаритных заготовок

1. Семь вертикальных многоцелевых станков (YMS-V25 фирмы «Ямадзаки тэкко»). Имеются пристаночные накопители. Автоматиче-

* См. [71, 90, 95].

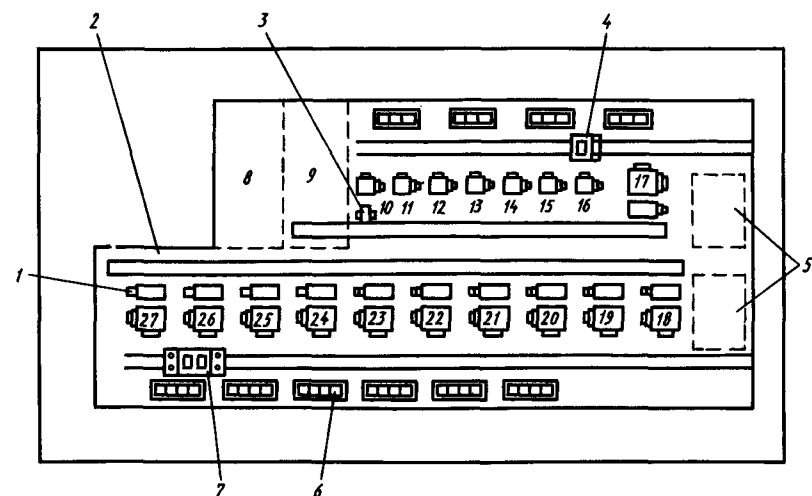


Рис. 38.

1 — инструментальные магазины; 2 — транспортер сбора стружки; 3 — кран для транспортировки инструментальных магазинов; 4 — промежуточная рельсовая тележка; 5 — станция загрузки-разгрузки; 6 — накопители спутников; 7 — рельсовая тележка; 8 — зал ЭВМ; 9 — инструментальное отделение; 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 — горизонтальные многоцелевые станки YMS-H25; 17, 18 — горизонтальные многоцелевые станки YMS-50Q; 19, 20 — горизонтальные многоцелевые станки YMS-H25; 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 — вертикальные многоцелевые станки YMS-V25

ские инструментальные магазины на 80 инструментов (в виде сменных барабанов).

2. Два горизонтальных многоцелевых станка (YMS-H25 фирмы «Ямадзаки тэцу косё»). Имеются пристаночные накопители. Автоматические инструментальные магазины на 68 инструментов (в виде сменных барабанов).

3. Горизонтальный многоцелевой станок (YMS-50Q фирмы «Ямадзаки тэкко»). Имеется пристаночный накопитель. Автоматический инструментальный магазин на 68 инструментов (в виде сменного барабана).

Для обработки среднегабаритных заготовок

1. Семь горизонтальных многоцелевых станков (YMS-H25 фирмы «Ямадзаки тэкко»). Имеются устройства для замены спутников. Автоматические инструментальные магазины на 68 инструментов (в виде сменных барабанов).

2. Горизонтальный многоцелевой станок (YMS-50Q фирмы «Ямадзаки тэкко»). Имеется устройство для замены спутников. Автоматический инструментальный магазин на 68 инструментов (в виде сменного барабана).

Состав транспортной подсистемы

1. Две рельсовые тележки с манипуляторами для транспортирования заготовок. Возможна перевозка крупногабаритных заготовок мас-

сой до 8 т. Скорость перемещения 40 м/мин. Точность останова 0,1 мм. При обнаружении на пути препятствия на расстоянии 4 м происходит останов. При транспортировании среднегабаритных заготовок массой 3 т скорость перемещения 60 м/мин, точность останова 0,1 мм.

2. Крановое устройство с манипулятором для подачи инструмента. В инструментальном отделении происходит подбор инструмента для инструментального барабана (имеется 40 барабанов), который устанавливается на одну из двух стоек. Со стоек происходит автоматическая замена барабана. Смена барабанов производится один раз в день.

3. На участке для обработки крупногабаритных заготовок сначала подают спутник на склад заготовок, где его загружают и затем транспортируют к станку. На участке для обработки среднегабаритных заготовок установку заготовки осуществляет манипулятор, а подачу и съем спутников в зоне станков выполняет устройство для замены спутников.

4. Обработка базовых поверхностей осуществляется предварительно перед подачей заготовок в систему. Заготовка возвращается на позицию загрузки для переустановки на участке для крупногабаритных заготовок четыре раза, а на участке для среднегабаритных заготовок три раза.

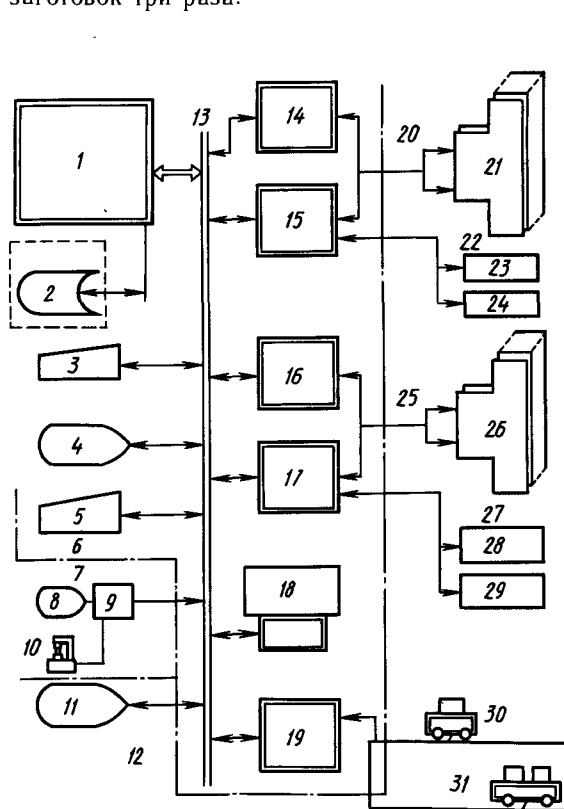


Рис. 39.

1 — центральная ЭВМ PDP 11/23, 256 К байт; 2 — два накопителя на магнитных дисках по 10 М байт; 3 — консольное печатающее устройство; 4 — ЭЛТ; 5 — перфоратор и устройство ввода данных с перфоленты; 6 — зал ЭВМ; 7 — инструментальное отделение; 8 — ЭЛТ; 9 — персональная ЭВМ «HP45»; 10 — контрольное устройство; 11 — ЭЛТ; 12 — видеотерминал заводской системы управления; 13 — интерфейс RS232C; 14 — подсистема прямого ЧПУ, обмен информацией с устройствами ЧПУ на станках; 15 — прямой ввод и вывод информации со станков; 16 — подсистема прямого ЧПУ; 17 — ввод и вывод со станков; 18 — дисплей; 19 — транспортная подсистема; 20 — участок А; 21 — устройство последовательного управления на станке; 22 — участок А; 23 — пульт управления станка; 24 — центральный пульт управления; 25 — участок В; 26 — устройство последовательного управления на станке; 27 — участок В; 28 — пульт управления станка; 29 — центральный пульт управления; 30 — робот участка А; 31 — робот участка В

5. Заготовка зажимается пневматическим способом. После автоматического зажима на спутнике надежность крепления проверяется на устройстве для замены спутников.

Дополнительные замечания

1. В инструментальном отделении инструмент проходит контроль с помощью ЭВМ.

2. В ночное время при работе по безлюдной технологии такт работы задает манипулятор-загрузчик спутников.

3. Для выпуска 250 изделий требуется работа 12 человек в три смены (в первую и вторую смену по 6 человек, в третью смену работа идет по безлюдной технологии).

4. В результате унификации заготовок потребность в инструменте сократилась с 400 до 63 типов. В инструментальных барабанах образовались свободные ячейки, и стало возможным устанавливать в них резервные инструменты.

5. Возможность работы по безлюдной технологии обеспечивается тем, что имеется устройство для контроля состояния режущей кромки инструмента бесконтактным способом, устройство сенсорного типа для автоматического центрирования и корректирования положения детали, а также тем, что предусмотрена возможность регулирования подачи и частоты вращения по изменению момента на электродвигателе привода.

Информационно-управляющая структура ГПС УМ-1 приведена на рис. 39.

Возможности программного обеспечения

1. Автоматическое формирование производственной программы.
2. Автоматическое редактирование данных.
3. Контроль ресурса инструмента.
4. Подготовка данных для инструментального хозяйства.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Система управления построена на ЭВМ «PDP 11/23» с объемом оперативной памяти 256 К байт. Дополнительная ЭВМ «Z80». Внешняя память на магнитных дисках объемом 2×10 М байт. Дисплей с ЭЛТ и печатающим устройством.

2. Персональные ЭВМ «HP85» для инструментального хозяйства. Память с произвольной выборкой (резидент) 4 К байт, ПЗУ на 12 К байт.

3. Вся система управления разделена на несколько подсистем: основная система, подсистема управления вводом и выводом данных, подсистема прямого числового управления, пультовая подсистема, подсистема многоканальных передач.

4. Трудоемкость разработки системы управления: расчеты 2,5 тыс. ч; разработка математического обеспечения 2,5 тыс. ч; разработка оборудования и организация производства 5 тыс. ч.

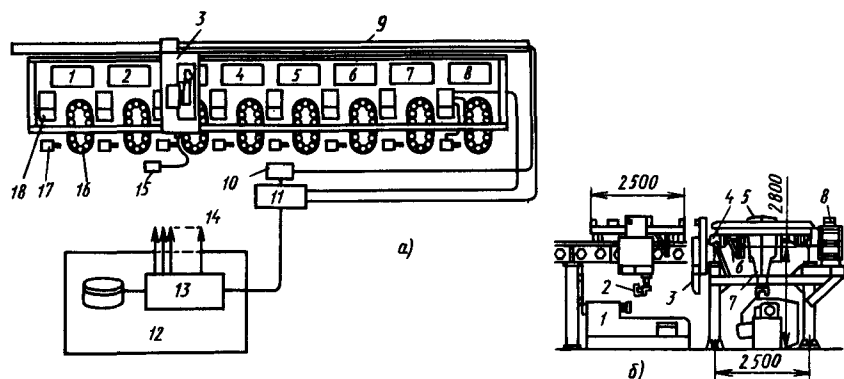


Рис. 40. а — компоновочная структура системы:

1, 2 — токарные станки с ЧПУ; 3 — подсистема подачи заготовок; 4, 5, 6, 7, 8 — токарные станки с ЧПУ; 9 — токоподводящий рельс; 10 — блок управления роботом; 11 — мини-ЭВМ «Фанук R»; 12 — зал ЭВМ; 13 — управляющая система «Т-10»; 14 — к блокам управления станков; 15 — пульт управления; 16 — подсистема подачи заготовок; 17 — станция управления роботом; 18 — блоки управления станков; 6 — промышленный робот: 1 — токарный станок; 2 — рука робота; 3 — пульт управления; 4 — колеса; 5 — передача; 6 — стойка-суппорт; 7 — исполнительный механизм; 8 — токоподводящий рельс

Разработка системы

Длительность разработки 3 года
Стоимость разработки, млн. иен 4000
Разработчик основного оборудования . . «Ямадзакі тэцу косё»

Состояние системы и перспективы развития

1. Планируется организация 3—4 таких ГПС (86 единиц основного оборудования) на новом заводе в Гифу.

2. Для организации обработки средне- и крупногабаритных корпусных изделий проведена унификация заготовок. Предварительная и финишная обработка этих изделий организованы на соседних заводах.

Гибкая производственная система FN-1*

Основные сведения

Особенности системы Обработка заготовок типа тел вращения
Фирма-изготовитель «Фанук»
Фирма-пользователь «Фанук» (завод в Хио)
Год начала эксплуатации 1974
Обрабатываемые изделия:
Наименование Детали для импульсных двигателей
Форма Детали типа тел вращения
Габариты, мм Ø 20—210, масса 12 кг

Компоновочная структура ГПС FN-1 приведена на рис. 40.

* См. [11, 12].

Состав основного оборудования

Восемь токарных станков с ЧПУ.

Состав транспортной подсистемы

1. Из накопителя (в каждом накопителе находятся 24 заготовки, устанавливаемые вручную) заготовку к токарному станку подает и производит загрузку станка за 60—80 с самоходный робот, движущийся по подвесным направляющим. Точность позиционирования ± 1 мм, исполнительный механизм робота (изготовлен фирмой «Кавасаки юнмэто») имеет шесть степеней свободы и гидравлический механизм сервоуправления. Рука имеет три степени свободы. Скорость перемещения 45 м/мин.

2. Применяется рука с тремя пальцами с датчиками сенсорного типа. Захват осуществляется за наружную поверхность, упругость схвата гарантирует надежность зажима.

3. При смене заготовки накопитель продвигается на один шаг.

Дополнительные замечания

Численность обслуживающего персонала снизилась с четырех до одного человека.

Информационно-управляющая структура ГПС FN-1 приведена на рис. 41.

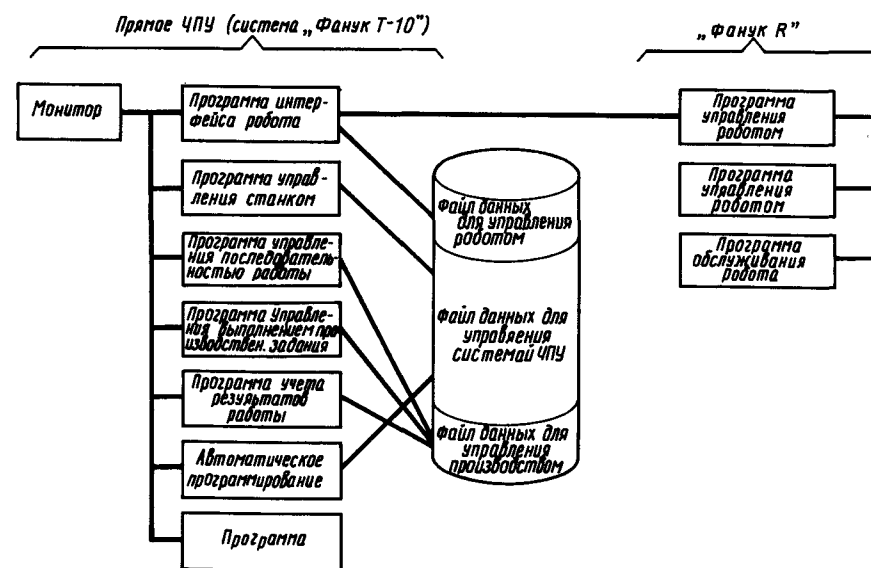


Рис. 41.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Роботом управляет мини-ЭВМ «Факон-Р».
2. ЭВМ для ЧПУ. Внешняя память на магнитных дисках, устройство для считывания с магнитной ленты.
3. Два алфавитно-цифровых печатающих устройства. Алфавитно-цифровое печатающее устройство. Устройство для считывания с перфоленты.
4. Система управляет файлом данных для робота. Система включает более 800 команд.
5. Файл данных для систем ЧПУ включает до 1000 команд.

Фирменное название программы Система «Фанук Т-10» (для ЧПУ)
Разработчики основного оборудования «Фанук», «Кавасаки юнимето», «Яма-
дзакис ханээру»

Гибкая производственная система FN-2*

Основные сведения

Фирма-изготовитель «Фанук»
Фирма-пользователь «Фанук» (завод в Фудзи)
Год начала эксплуатации 1982
Обрабатываемые изделия:
Наименование Детали для промышленных роботов,
станины и столы малогабаритных
металлорежущих станков (450 типов)

* См. [26, 39, 42, 49, 54, 68, 83, 85, 91].

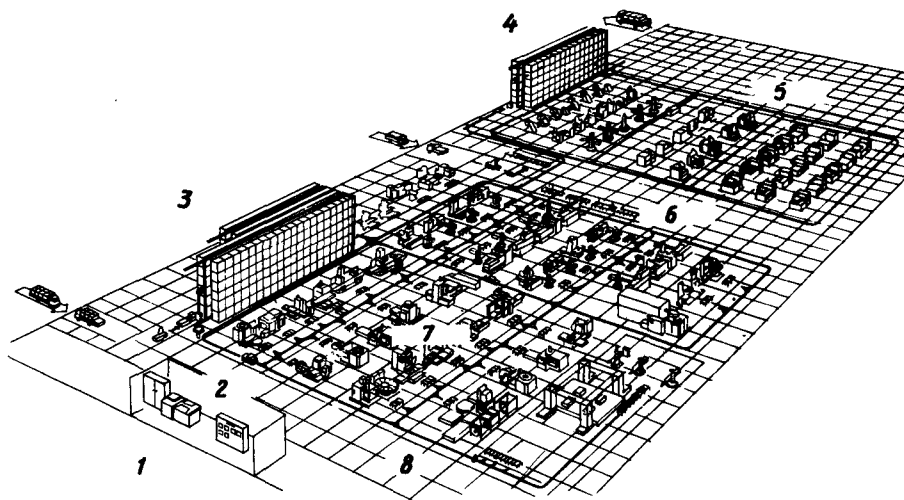


Рис. 42.

1 — зал центральной ЭВМ; 2 — безрельсовая тележка; 3 — автоматический склад заготовок; 4 — автоматический склад деталей; 5 — сборочный участок; 6 — участок технического контроля; 7 — участок механической обработки; 8 — сварочный участок

Форма и материал Детали типа тел вращения, призматические детали; чугунное литье, поковки
Максимальные габариты, мм 1700×1000×1000, масса до 2 т
Фактическая производительность шт/мес 250 (размер партий 5—20 шт.)

Компоновочная структура ГСП FN-2 приведена на рис. 42.

Состав основного оборудования

1. Пять токарных станков с ЧПУ, робот для загрузочно-разгрузочных работ, мониторы.
2. Четыре шлифовальных станка с ЧПУ, промышленный робот для загрузочно-разгрузочных работ, мониторы.
3. 23 многоцелевых станка с ЧПУ, мониторы. Накопители спутников (на 12 спутников).
4. Работа ведется 16 ч в сутки по безлюдной технологии.
5. На пяти модулях работает один человек.

Состав транспортной подсистемы

1. Четыре робокары с автоматическим управлением (три робокары с индукционным управлением фирмы «Мурата кикай», одна робокара фирмы «Хитати» с оптическим управлением). Три робокары используются в механическом цехе, и одна — в сборочном цехе. Робокара сборочного цеха имеет автономное управление. Точность останова робокар ± 4 мм.
2. Из автоматического склада робокара с погруженными спутниками с заготовками перемещается к пристаночному накопителю.
3. Имеются мостовой и порталный краны.

Дополнительные замечания

1. Имеются два автоматических склада для хранения заготовок и инструмента: склад для крупногабаритных изделий и склад для мелких и средних изделий. Находящиеся в складах изделия размещены на поддонах размером 1000×1000 мм. На складе для крупногабаритных изделий используются 170 поддонов, а на складе для мелких и средних изделий — 360 поддонов.
2. На автоматический склад для хранения деталей (который вмещает 362 поддона) поступают мелкие и средние детали, крупногабаритные изделия направляются непосредственно в цех вилочными погрузчиками.
3. В системе имеется 12 терминальных устройств для вызова робокар. Каждое устройство обслуживает три — семь модулей.
4. На участке механической обработки занято 19 операторов, на сборке — 63 оператора, в отделе технического контроля 4 оператора, в других отделах 14 человек. Всего занято 100 человек. В ночное время механический цех завода обслуживает один человек.
5. Система управления станка по изменению силы тока в обмотке двигателя определяет неисправности режущего инструмента.

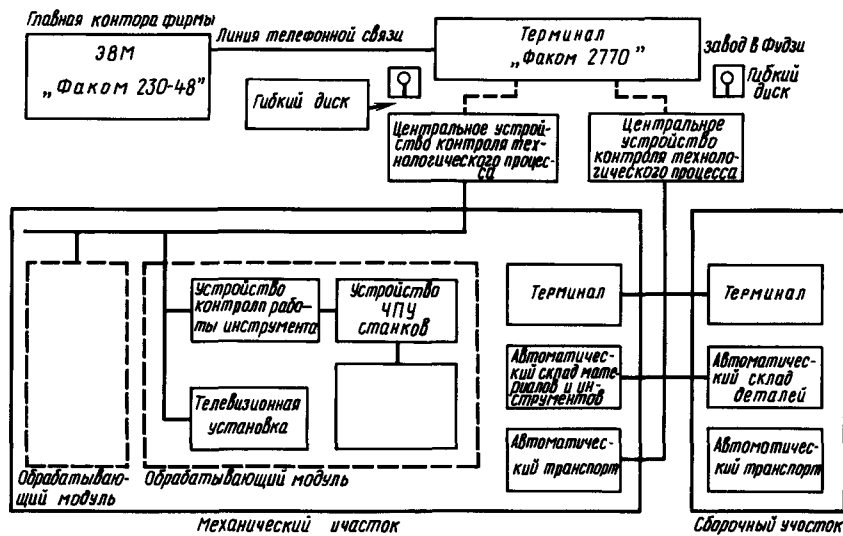


Рис. 43.

6. За состоянием станков наблюдают с центрального пульта управления с помощью системы промышленного телевидения.

Информационно-управляющая структура ГПС FN-2 приведена на рис. 43.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. ЭВМ для управления производством «Факом-V850».
2. ЭВМ для управления транспортной системой «Минк-500». Разработчики основного оборудования фирмы «Фанук», «Мурата кикай».

Состояние системы и перспективы развития

1. Построен новый завод с модулями и автоматическими складами. Транспортирование материалов между складами и модулями осуществляется автоматически.
2. Детали типа тел вращения и корпусные на складах хранятся вперемешку.
3. В ночное время механическая обработка осуществляется автоматически (без операторов). Транспортная система ночью не работает.

Гибкая производственная система NT-1*

Основные сведения

Фирма-изготовитель «Ниигата тэксосё»
Фирма-пользователь «Ниигата тэцу косё» (завод в Ниигата)
Год начала эксплуатации 1981

* См. [27, 40, 63, 70, 75, 80, 89, 94].

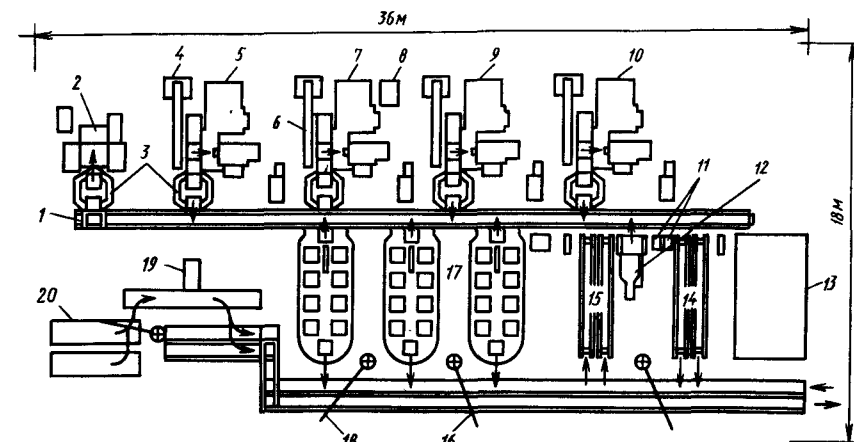


Рис. 44.

1 — рельсовая тележка; 2 — токарно-карусельный станок с ЧПУ 3BMV-18120-A26B; 3 — поворотное устройство для замены спутников; 4 — транспортер сбора стружки; 5 — горизонтальный многоцелевой станок HN70P-NCT60-F7M; 6 — устройство ЧПУ станка; 7 — горизонтальный многоцелевой станок HN70P-NCT60-F7M; 8 — дисплей с клавиатурой; 9, 10 — горизонтальные многоцелевые станки HN70P-NCT60F7M; 11 — буферный накопитель; 12 — манипулятор; 13 — зал ЭВМ; 14 — выводной транспортер; 15 — подающий транспортер; 16 — край-балка с ручным управлением; 17 — накопитель на десять спутников; 18 — роликовый транспортер с ручным управлением; 19 — универсальный фрезерный станок; 20 — подача материалов

Обрабатываемые изделия:

Наименование	Головки цилиндров для дизельных двигателей средней и большой мощности
Форма и материал	Корпусные детали, чугунное литье
Масса, кг	50—300

Компоновочная структура ГПС NT-1 приведена на рис. 44.

Состав основного оборудования

1. Вертикальный фрезерный станок (3BMV-18120-A26B фирмы «Ниигата»). Предназначен для обработки базовых поверхностей. Диаметр фрезы 360 мм.
2. Токарно-карусельный станок (TM-2-10V). Установлены 12 предварительно подобранных резцов.
3. Четыре горизонтальных многоцелевых станка (HN70P-NCT60-F7M). Предназначены для обработки торцовых поверхностей, верхней и нижней поверхностей, а также внутренних поверхностей и седел клапанов. Оборудованы автоматическими инструментальными магазинами на 60 инструментов.
4. Фрезерный станок (автономный) с устройством для замены спутников.
5. Три магазина для спутников. Вместимость каждого магазина десять спутников (изготовитель — фирма «Цуда»). При работе роботы они могут выполнять функции накопителей.

6. Каждая заготовка проходит четыре-пять технологических операций. Время обработки 1—4 ч. Изношенный инструмент заменяют в автоматическом инструментальном магазине один раз в два дня.

Состав транспортной подсистемы

1. Автоматическая транспортная тележка (робокара фирмы «Мурата кикай»). Двигается по рельсовому пути со скоростью 40/32 м/мин. Точность останова ± 1 мм.

2. Автоматическое устройство для съема и установки заготовки (фирмы «Ниигата»). Заготовка автоматически устанавливается на спутник, который перемещается робокарой. На спутнике заготовка зажимается гидравлическим механизмом и проходит через 5—6 станков.

3. Четыре крана консольного типа (три крана грузоподъемностью 490 кг и один — грузоподъемностью 250 кг). Имеется роликовый транспортер для подачи заготовок с участка предварительной обработки.

Дополнительные замечания

1. В дневное время систему обслуживают четыре человека. В ночное время работа идет по безлюдной технологии. Раньше для такого же объема производства требовались 31 станок и 31 рабочий.

2. Система работает 21 ч/сут (в остальное время проводятся профилактические работы, уборка стружки и др.). Длительность производственного цикла сократилась с 16 до 4 дней.

3. Три магазина для спутников одновременно являются накопителями спутников и станциями ожидания заготовок.

4. Одни и те же спутники применяют для работы и на токарно-карусельном станке, и на многоцелевых станках.

5. Для обработки 30 типов головок цилиндров необходимо более 1000 типов инструментов.

Информационно-управляющая структура ГПС NT-1 приведена на рис. 45.

Возможности ПМО

1. Обработка данных:
для систем ЧПУ;
для формирования производственной программы;
для системы контроля.
2. Прямое числовое управление станками; управление транспортом (режимами работы, очередностью обслуживания, маршрутом перемещений); автоматической подачей спутников; устройством для автоматической установки и снятия заготовок.
3. Организация контроля:
процесса обработки;
ресурса инструмента;
времени работы.
4. Учет результатов производственной деятельности.

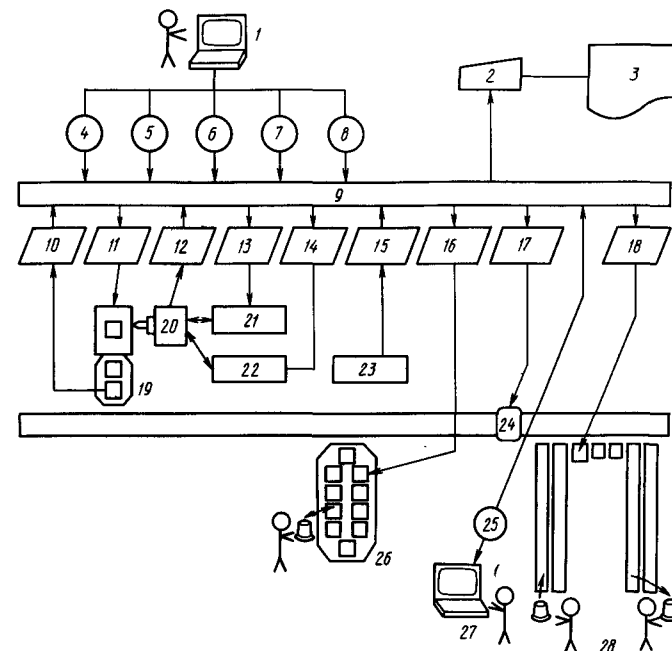


Рис. 45.

1 — дисплей с цветной ЭЛТ; 2 — данные для ЧПУ; 3 — производственное задание; 4 — директивная информация; 5 — информация об инструменте; 6 — данные о наблюдениях за системой; 7 — консольный принтер (перфоратор, устройство для ввода данных с перфокарты и др.); 8 — листинг: ход выполнения производственного задания; 9 — ЭВМ HIDIC-08L; 10 — данные о спутнике; 11 — данные устройства замены спутников; 12 — технологические параметры; 13 — данные системы ЧПУ; 14 — контроль технологических параметров; 15 — режимы резания; 16 — сигнал для подвода накопителей спутников; 17 — управляющий сигнал манипулятора; 18 — управляющий сигнал; 19 — устройство системы ЧПУ; 20 — контроль технологических параметров; 21 — пульт для ввода режимов; 22 — транспортер; 23 — служебная информация; 24 — дисплей с ЭЛТ

5. Возможны три режима управления: автоматический; с вводом управляющей информации от дисплея; с вводом управляющей информации непосредственно в устройства управления станков.

6. За станками закреплены определенные магазины для спутников.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Мини-ЭВМ «ХИДИК-08L» фирмы «Хитати» с объемом оперативной памяти 48 К слов. Внешняя память на магнитных дисках.
2. АЦПУ, три дисплея с ЭЛТ.

Разработка системы

Время разработки системы, год 1,5
Разработчик основного оборудования . . . «Ниигата тэккосё»

Гибкая производственная система NGC-1*

Основные сведения

Фирма-пользователь	«Ниигата конбата» (завод в Камо)
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Детали механических передач
Форма и материал	Детали типа тел вращения и корпусные детали

Компоновочная структура ГПС NGC-1 приведена на рис. 46.

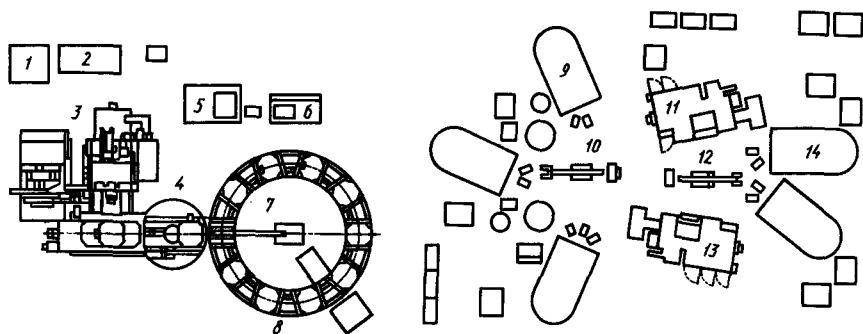


Рис. 46.

1 — инструментальные магазины; 2 — станция подготовки инструментальных магазинов; 3 — горизонтальный многоцелевой станок; 4 — устройство замены спутников; 5 — устройство ЧПУ; 6 — пульт управления транспортной подсистемы; 7 — гидравлический вытаскиватель спутников; 8 — накопитель спутников; 9 — накопитель готовых деталей; 10 — робот; 11 — токарный станок с ЧПУ; 12 — робот; 13 — токарный станок с ЧПУ; 14 — позиция ожидания заготовок

Состав основного оборудования

1. Четыре горизонтальных многоцелевых станка («HN-50» и «HN-70» фирмы «Ниигата тэккосё»). Предназначены для обработки заготовок средних и небольших габаритов: фрезерования, сверления, расточки и нарезания резьбы. Имеются кольцевые накопители для спутников вместимостью в девять спутников, устройства для контроля тока нагрузки электродвигателей главных приводов, устройства для распознавания спутников.

2. Четыре токарных станка с ЧПУ («LC-20» фирмы «Окума тэккосё», «ANC-25» фирмы «Икэгай тэкко»). Станки «LC-20» имеют электродвигатель постоянного тока мощностью 11 кВт и управление по четырем координатам. Два станка «LC-20», пять накопителей для спутников вместимостью 100 спутников каждый (два контура по 25 спутников, в каждом контуре — две ступени) и два робота (фирмы «Фанук» модели I), выполняющие все манипуляции со спутниками, образуют обрабатывающий модуль. Возможна автоматическая коррекция положения инструмента, для чего на revolverной головке установлен

* См. [69].

контактный датчик, контролирующий геометрические параметры обрабатываемой детали.

3. Сверлильный станок («MN-500» фирмы «Хитати сэйки»), оборудованный устройством для подачи заготовок.

4. Станок для нарезания резьбы («TMCS-12» фирмы «Оэму») с кольцевым накопителем спутников.

5. Три зуборезных станка («LS-300» и «LS-400» фирмы «Лоренс» и «GPB-35» фирмы «Тоёси мицу»), оборудованные устройством для подачи заготовок и роботом (модель II фирмы «Фанук»).

6. Два станка для автоматической пробивки отверстий с кольцевым накопителем спутников. Станки обслуживаются роботами (модели I и II фирмы «Фанук»).

Дополнительные замечания

1. 15 станков, оборудованных накопителями спутников, могут работать по безлюдной технологии 15—22,5 ч/сут.

2. В результате внедрения ГПС парк оборудования сократился на 60 %. Время работы увеличилось с 240—260 ч/мес до 300—380 ч/мес.

3. Работа по безлюдной технологии идет с использованием модели технологического процесса. При отклонении рабочих параметров от параметров модели происходят регистрация сбоя, останов станка и выдача соответствующей информации.

4. Каждый модуль оборудован автоматическими средствами блокировки в аварийных ситуациях.

5. В случае изменения частоты вращения главного привода, например при увеличении нагрузки, происходит останов станка.

Гибкая производственная система YK-1

Основные сведения

Особенности системы	Обработка средне- и малогабаритных деталей
Фирма-изготовитель	«Ясуда когё»

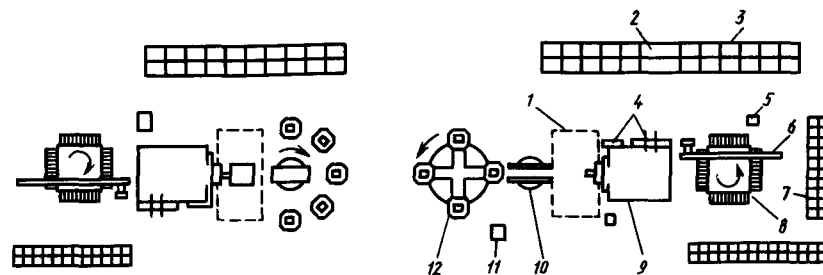


Рис. 47.

1 — пылезащитный экран; 2 — блок управления; 3 — накопитель; 4 — автоматический манипулятор для замены инструмента; 5 — пульт управления автоматическим инструментальным магазином; 6 — манипулятор для замены инструмента; 7 — позиция ожидания инструмента; 8 — инструментальный магазин; 9 — горизонтальный многоцелевой станок; 10 — автоматическое устройство замены спутников; 11 — пульт управления автоматическим устройством замены спутников; 12 — поворотный накопитель спутников

Год начала эксплуатации 1980

Обрабатываемые изделия:

Наименование	Коробки передач и редукторы станков, крепежные элементы (380 типов изделий)
Форма и материал	Корпусные детали
Максимальные габариты	до 400 мм
Размер партий, шт.	20—100

Компоновочная структура ГПС УК-1 приведена на рис. 47.

Состав основного оборудования

Два многоцелевых станка с ЧПУ типа CNC («YBN-80N» и «YBN-70N» фирмы «Ясуда когё»). Автоматические инструментальные магазины на 128 инструментов. В станке «YBN-80N» имеется пять позиций ожидания для спутников (на поворотном автоматическом устройстве). В станке «YBN-70N» имеется накопитель, рассчитанный на четыре спутника (автоматическое устройство с возвратно-поступательным движением). На позиции ожидания автоматических инструментальных магазинов находятся 200 инструментов. Возможна регистрация износа инструмента по изменению тока нагрузки электродвигателей главных приводов. Ведется учет времени резания.

Состав транспортной подсистемы

1. Габариты спутников 800×800 или 600×600 мм.
2. После обработки заготовка передается на последующую обработку в ручном режиме.

Дополнительные замечания

1. Днем для обслуживания системы нужны два человека. В ночное время работа ведется по безлюдной технологии. В 1981 году система отработала 5400 ч.
2. Программы для систем ЧПУ заменяются один раз в месяц.
3. При разработке производственного задания на следующий день с помощью ЭВМ учитываются ресурс инструмента, потребность в инструменте и его наличие.
4. Фирмой накоплен опыт базирования заготовки в исходном положении для обработки на многоцелевом станке, и это составляет «ноу хау» фирмы.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Универсальная ЭВМ «Хиком 8006Z». Внешняя память на гибких дисках. Алфавитно-цифровое печатающее устройство.
2. «Фанук систем — 7М» для ЧПУ типа CNC.

Состояние системы и перспективы развития

1. Для фирмы всегда были характерны частая сменяемость типов выпускаемых изделий и высокая производительность в условиях серийного производства. Работа по безлюдной технологии продолжает способствовать продолжению этой традиции.

2. При работе по безлюдной технологии не требуется высокая точность заготовки (контроль параметров ведется в процессе обработки), так как в случае необходимости осуществляется доводка ручным способом.

3. Планируется периодически переводить обслуживающий персонал на работу на станках с ручным управлением для повышения квалификации, так как при автоматизации рабочие теряют свою квалификацию.

4. С целью расширения номенклатуры выпускаемых изделий необходимо постоянно совершенствовать управляющие программы, программы контроля инструмента, программы формирования производственных заданий и т. д.

Гибкая производственная система НК-1

Основные сведения

Особенности системы	Обработка средне- и малогабаритных деталей широкой номенклатуры «Хитати сэйки»
Фирма-изготовитель	«Синмэйва когё» (завод в Такарадзука).
Фирма-пользователь	«Синмэйва когё» (завод в Такарадзука).
Год начала эксплуатации	1982
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Схваты для роботов, рычаги
Форма и материал	Корпусные и призматические детали, чугуное литье, сталь
Максимальные габариты, мм	$500 \times 500 \times 500$
Такт выпуска, ч	0,5—1 (размер партий 10—40 шт.)

Компоновочная структура ГПС НК-1 приведена на рис. 48.

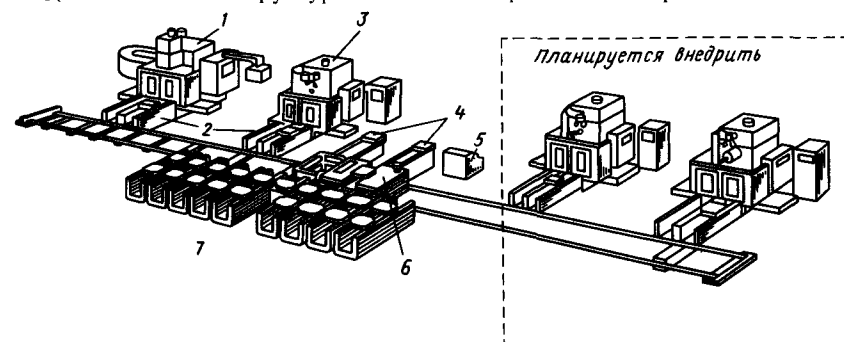


Рис. 48.

1 — вертикальный многоцелевой станок 610V с ЧПУ типа CNC; 2 — устройство для замены спутников; 3 — горизонтальный многоцелевой станок MBN-500; 4 — загрузочно-разгрузочные станции; 5 — пульт управления; 6 — рельсовая тележка; 7 — накопитель спутников

Состав основного оборудования

1. Вертикальный многоцелевой станок с ЧПУ («Макматик-610V» фирмы «Хитати сэйки»). Имеет автоматический инструментальный магазин на 24 инструмента и устройство ЧПУ «Фанук-6М».

2. Горизонтальный многоцелевой станок с ЧПУ («MBN500» фирмы «Хитати сэйки»). Имеет автоматический инструментальный магазин на 60 инструментов и устройство ЧПУ типа «Фанук 6МВ».

3. Предполагается ввести в систему еще три горизонтальных многоцелевых станка. Во всех станках имеются устройства сенсорного типа для контроля поломки инструмента. Применяются автоматические инструментальные магазины стационарного типа.

Состав транспортной подсистемы

1. Рельсовая тележка (фирмы «Хитати сэйки»). Максимальная скорость 30 м/мин. Электроэнергия подводится к тележке по кабелю.

2. На двух загрузочно-разгрузочных станциях с поворотными столами происходит захват заготовки и установка ее на спутник. Одновременно 18 спутников находятся в позиции ожидания на накопителях. На позиции ожидания имеются средства выталкивания спутников.

3. На транспортной тележке со стороны автоматического устройства для замены спутников имеется устройство для считывания кода спутника.

4. Габариты спутника 500×500 мм, максимальная грузоподъемность тележки 600 кг.

Дополнительные замечания

1. При обработке стальных заготовок сверление отверстий малого диаметра и нарезание в них резьбы производят в дневную смену. В ночное время по безлюдной технологии в основном идет обработка чугуновых заготовок.

2. В дневное время работает один человек. В ночное время работа идет без участия человека. Всего в сутки система работает 20 ч.

3. Последовательность обработки заготовки назначается во время загрузки.

5. Для расширения количества типовых групп обрабатываемых изделий разработано более 100 типов оснастки.

ЭВМ и периферийное оборудование

Система управления построена на универсальной ЭВМ с объемом оперативной памяти 22 К слова, имеется дисплей.

Разработка системы

Время разработки системы, год 1

Стоимость разработки, млн. иен 150

Разработчики основного оборудования «Хитати сэйки», «Синмэйва когё».

Состояние системы и перспективы развития

1. В связи с увеличением количества типов обрабатываемых изделий растет количество токарных и фрезерных операций. Планируется ввести еще операцию нарезания резьбы.

2. Система отличается многообразием типов обрабатываемых изделий, высокой компактностью и рациональностью транспортной системы.

3. Постоянно разрабатываются новая оснастка и программы для систем ЧПУ.

Гибкая производственная система ОКМ-1

Основные сведения

Особенности системы	Система управления ГПС объединена с системой управления предприятием
Фирма-пользователь	«Окамото косаку кикай» (завод в Аннака)
Год начала эксплуатации	1982
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Средне- и малогабаритные рамы и опоры
Форма и материал	Корпусные детали, чугуновое литье, сталь
Максимальные габариты, мм	800×800

Компоновочная структура ГПС ОКМ-1 приведена на рис. 49.

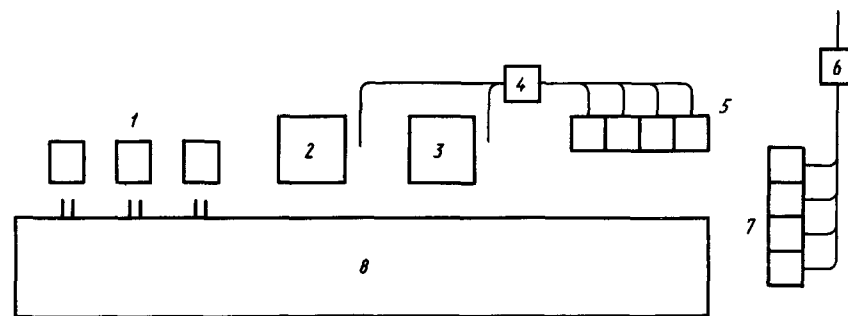


Рис. 49.

1 — универсальные металлорежущие станки (семь станков); 2 — горизонтальный многоцелевой станок YBN-90N; 3 — горизонтальный многоцелевой станок YBN-70N; 4 — индуктивная тележка; 5 — станция загрузки; 6 — индуктивная тележка сборочного участка; 7 — сборочный участок; 8 — автоматический склад

Состав основного оборудования

1. Горизонтальный многоцелевой станок (90-N фирмы «Ясуда когё»). Габарит спутника 800×800 мм. Имеется устройство для замены спутников и автоматический инструментальный магазин на 300 инструментов.

2. Горизонтальный многоцелевой станок (70-N фирмы «Ясуда когё»). Габариты спутника 500×500 мм. Имеется устройство для замены спутников и автоматический инструментальный магазин на 300 инструментов.

3. Семь станков общего назначения. Загрузка ведется транспортом с контейнерами непосредственно с автоматического склада.

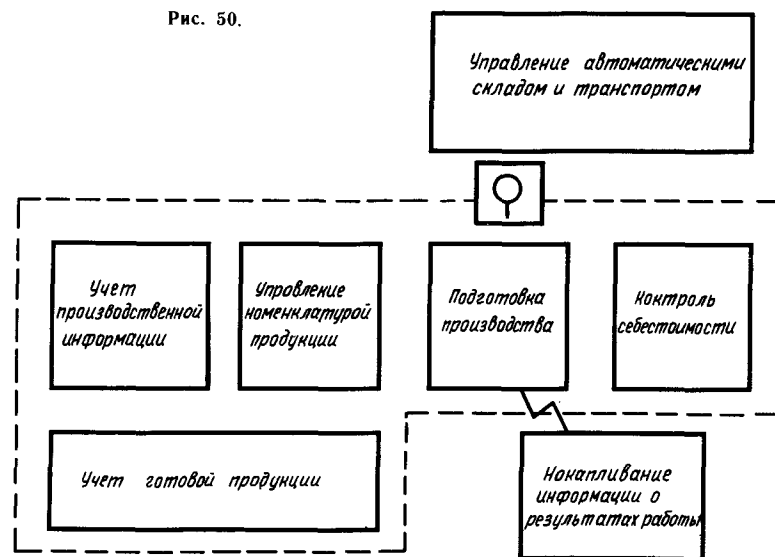
Состав транспортной подсистемы

1. Автоматическая тележка для обслуживания многоцелевых станков («Осака кико»). Максимальная грузоподъемность 1 т.
2. Автоматическая тележка для обслуживания сборочного участка («Осака кико»). Максимальная грузоподъемность 1 т.

Дополнительные замечания

1. На автоматическом складе могут разместиться 680 среднегабаритных заготовок массой до 500 кг на спутниках и 5040 малогабаритных заготовок массой до 50 кг. Устройство для замены спутников выбирает базовую поверхность и устанавливает заготовку с точностью $\pm 0,5$ мм.
 2. Каждый станок имеет на позиции ожидания по одной заготовке.
 3. Для каждой тележки транспортной системы предусмотрено по три программы для доставки спутников.
 4. Система управления ГПС является подсистемой централизованной системы управления предприятием (включает подсистемы управления автоматическим складом, межоперационным транспортом, подсистему подготовки и оперативного управления производством).
 5. Полный производственный цикл составляет один день.
- Информационно-управляющая структура ГПС ОКМ-1 приведена на рис. 50.

Рис. 50.



ЭВМ и периферийное оборудование

Три ЭВМ типов 4300, 8100 и S/1 фирмы IBM.

Разработка системы

Фирменное название программы	«Толс-1»
Трудоемкость разработки	200 чел.-мес
Стоимость разработки, млн. иен	100
Разработчики основного оборудования	«Окамото косаку кикай» и специализированная фирма по программному обеспечению.

Гибкая производственная система КМ-1

Основные сведения

Особенности системы	Обработки валов трансмиссий
Фирма-изготовитель	«Комацу сэйсакудзё»
Фирма-пользователь	«Комацу сэйсакудзё» (завод в Авадзу).
Год начала эксплуатации	1976
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Валы трансмиссий (45 типов)
Форма и материал	Детали типа тел вращения: сталь
Максимальные габариты, мм	Ø 100, длина 656, масса 50 кг

Компоновочная структура ГПС КМ-1 приведена на рис. 51.

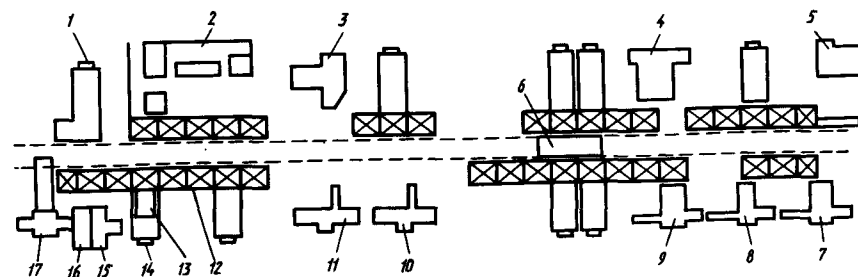


Рис. 51.

1 — прием-сдаточная секция; 2 — блок централизованного управления; 3 — специальный станок для сверления и нарезания резьбы; 4 — спиральнофрезерный станок; 5 — зубофрезерный станок (с червячной фрезой); 6 — кран-штабелер; 7, 8, 9 — зубофрезерные станки (с червячными фрезами); 10, 11 — токарные станки с ЧПУ; 12 — накопитель для спутников; 13 — рабочая позиция; 14 — устройство установки спутников; 15 — устройство определения положения и установки заготовки; 16 — автоматический погрузчик; 17 — фрезерно-калибровочный станок

Состав основного оборудования

1. Фрезерно-центровальный станок.
2. Два токарных станка.
3. Четыре зубофрезерных станка.
4. Сверлильно-разъебно-нарезной станок.

Состав транспортной подсистемы

1. Манипулятор-подъемник (фирма «Мурата»). Скорость перемещений 36/3,6 м/мин, скорость подъема 12/6 м/мин.
2. Накопитель спутников (фирма «Мурата»): семь ярусов, 26 секций с двух сторон: 244 ячейки.
3. Шесть автоматических манипуляторов («Комацу») (шесть степеней свободы).
4. Семь накопителей спутников.
5. 244 спутника. На спутник устанавливается от шести до 48 заготовок.

Дополнительные замечания

1. Шесть устройств для определения положения заготовки.
2. Пульт управления транспортной подсистемой.
3. Шесть пультов для ввода данных.
4. Средний технологический маршрут состоит из 5—7 операций.
5. Производится сортировка заготовок в зависимости от количества технологических операций и такта выпуска.

ЭВМ и периферийное оборудование

Мини-ЭВМ «Факом-Р» с объемом оперативной памяти 8 К слов. Система централизованного управления.

Разработка системы

Время разработки, год 3
Разработчик основного оборудования . . «Комацу сэйкодзё»

Гибкая производственная система КМ-2*

Основные сведения

Особенности системы	Обработка деталей тяжелых самосвалов
Фирма-изготовитель	«Комацу сэйсакудзё»
Фирма-пользователь	«Комацу сэйсакудзё» (завод в Кавасаки)
Год начала эксплуатации	1979
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Бараны и водила планетарных передач самосвалов (130 типов)
Форма и материал	Детали типа тел вращения: чугунос и стальное литье
Максимальные габариты, мм	Ø 200—800, ширина обрабатываемой поверхности 40—350; масса 5—350 кг
Размер партий, шт.	6—48

Компоновочная структура ГПС КМ-2 приведена на рис. 52.

* См. [60, 68].

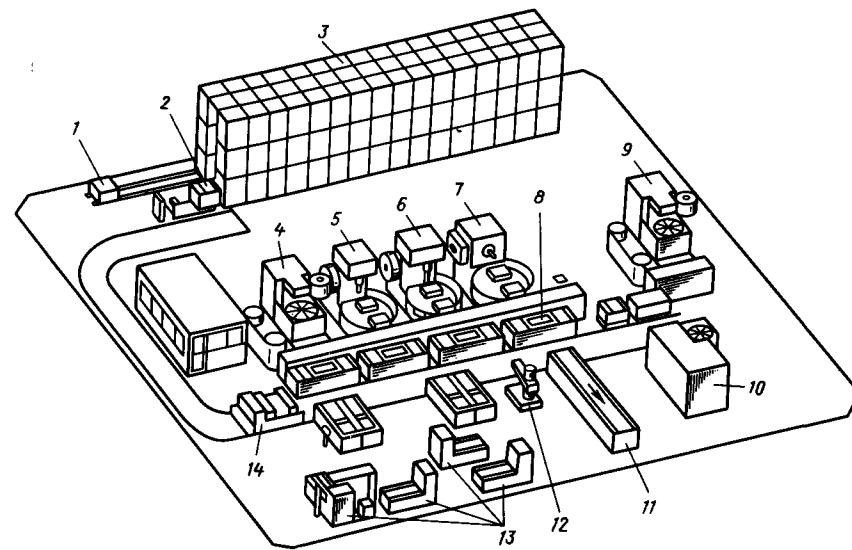


Рис. 52.

1 — тележка подачи заготовок; 2 — тележка; 3 — автоматический склад; 4 — токарно-карусельный станок с ЧПУ; 5, 6 — вертикальные многоцелевые станки; 7 — горизонтальный многоцелевой станок; 8 — станция автоматической подачи; 9 — токарно-карусельный станок с ЧПУ; 10 — многошпиндельный сверлильный станок с ЧПУ; 11 — выдача готовых деталей; 12 — радиально-сверлильный станок; 13 — токарные станки с ЧПУ; 14 — автоматическая транспортная тележка

Состав основного оборудования

1. Два токарно-карусельных станка с ЧПУ с автоматическими инструментальными магазинами и устройствами контроля состояния инструмента.
2. Четыре токарных станка с ЧПУ.
3. Два вертикальных многоцелевых станка.
4. Горизонтальный многоцелевой станок.
5. Многошпиндельный расточный станок с ЧПУ.
6. Вертикальный фрезерный станок.
7. Расточный станок.

Состав транспортной подсистемы

1. Автоматический склад на 96 ячеек. Кран-штабелер (вилочного типа). Тележка для приема и выдачи складированных изделий.
2. Автоматическая аккумуляторная рельсовая тележка грузоподъемностью 1 т (зарядка аккумуляторов производится каждые три дня). Рабочее напряжение 24 В. Способ управления индуктивный. Масса тележки 1,2 т, длина 2550 мм, ширина 1600 мм, высота платформы 650 мм.
3. Транспортирование осуществляется в контейнерах (до 1 т). У каждого станка имеется накопитель для загрузки и разгрузки. Установка заготовки на станок осуществляется вручную. Вся оснастка подается к станкам на транспортной тележке.

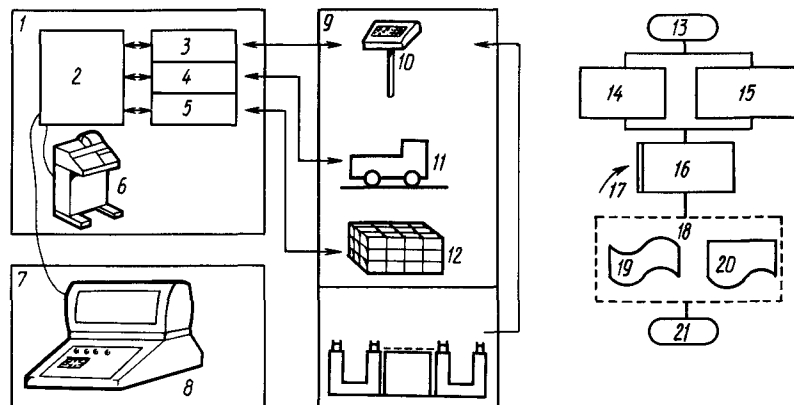


Рис. 53.

1 — зал ЭВМ; 2 — микро-ЭВМ L-16A; 3 — пульт управления оборудованием; 4 — пульт управления автоматическим транспортом; 5 — пульт управления складом; 6 — АЦПУ; 7 — контора цеха; 8 — дисплей с ЭЛТ; 9 — цех; 10 — панель управления; 11 — тележка; 12 — склад; 13 — «старт»; 14 — запуск программы операции расточки отверстия; 15 — запуск программы позиционирования; 16 — контроль выполнения программы; 17 — редактирование ленты; 18 — автоматическая установка; 19 — программы системы ЧПУ; 20 — данные о материалах; 21 — «стоп»

4. Автоматизирована транспортная связь автоматического склада со станками.

Информационно-управляющая структура ГПС КМ-2 приведена на рис. 53.

Возможности ПМО

1. Формирование производственного задания для станков с ЧПУ.
2. Оперативное управление производством.
3. Прямое управление транспортно-складской подсистемой.
4. Технологическая подготовка производства.
5. Ведение динамической модели склада.
6. Ведение банка данных.
7. Автоматическое программирование для токарных и расточных операций.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Централизованное управление от ЭВМ: восемь пультов управления станками с ЧПУ; клавиатура для ввода данных о заготовках.
2. АЦПУ, дисплей.

Характеристики программного обеспечения

1. Обеспечиваются два режима управления системой: управление производственной деятельностью и управление вспомогательными подсистемами.

2. Осуществляется автоматическое программирование и подготовка файлов данных для управляющих программ, что повышает эффективность производства.

Разработка системы

Время разработки, год 3
Разработчик основного оборудования . . «Комацу сэйсакудзё»

Состояние системы и перспективы развития

1. Повышение производительности зависит от автоматизации распределения, загрузки и разгрузки заготовок на станках.

2. Автоматическую загрузку трудно организовать из-за сложности заготовок.

Гибкая производственная система КМ-3

Основные сведения

Фирма-пользователь «Комацу сэйсакудзё» (завод в Авадзу)
Год начала эксплуатации 1981
Обрабатываемые изделия:
Наименование Коробки передач для бульдозеров (11 типов)
Форма и материал Корпусные детали, сталь

Компоновочная структура ГПС КМ-3 приведена на рис. 54.

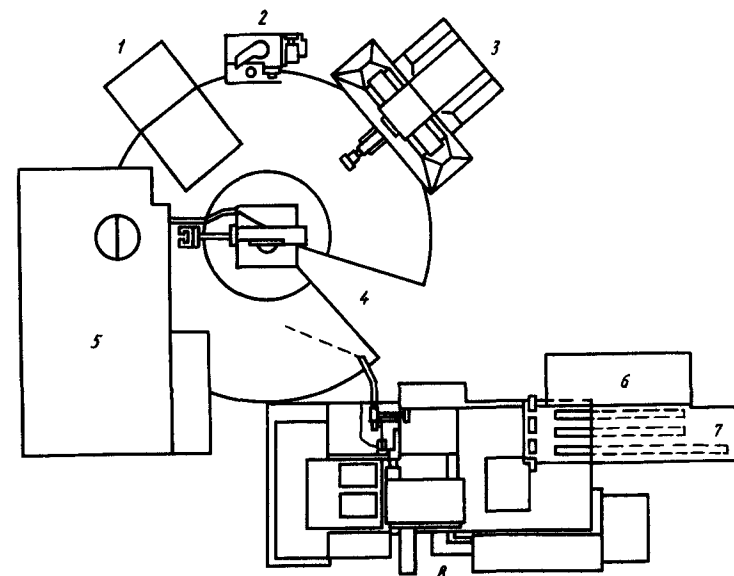


Рис. 54.

1 — выдача готовой детали; 2 — строгальный станок; 3 — гравёрный станок; 4 — робот; 5 — зубофрезерный станок; 6 — накопитель; 7 — направляющие; 8 — токарный станок с ЧПУ

Состав основного оборудования

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. Токарный станок с ЧПУ. | 3. Строгальный станок. |
| 2. Сверлильный станок с ЧПУ. | 4. Маркировочная установка. |

Состав транспортной подсистемы

Промышленный робот (Модель I фирмы «Фанук»). Диапазон перемещений: по вертикали 950—1450 мм, угол поворота руки 180°, по горизонтали 1060—2160 мм, угол наклона $\pm 3,5^\circ$. Разворот «головы» — 300°.

Дополнительные замечания

1. Имеется пневматическая система для подачи заготовок.
2. Все станки обслуживаются одним промышленным роботом.
3. Все станки имеют ограждение. В момент подхода каретки робота ограждение открывается.
4. Десять месяцев в 1981 году система проработала без сбоев.

Разработка системы

Время разработки Шесть месяцев
Разработчик основного оборудования . . «Комацу сэйсакудзё»

Гибкая производственная система MR-1*

Основные сведения

Фирма-пользователь «Мурата кикай» (завод в Инуяма)
Год начала эксплуатации 1981

* См. [38, 50, 51, 73, 87].

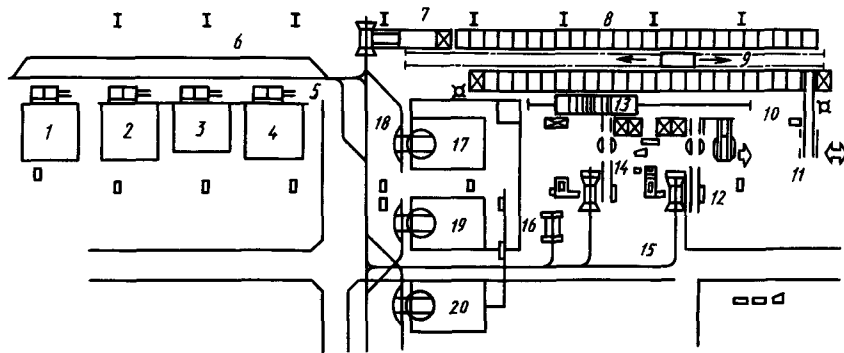


Рис. 55.

1 — горизонтальный многоцелевой станок TRIAX-VB; 2 — горизонтальный многоцелевой станок FTN350; 3, 4 — горизонтальный многоцелевой станок MCV500; 5 — устройство автоматической замены спутников; 6 — направляющие тележки; 7 — транспортер подачи заготовок; 8 — автоматический склад; 9 — кран-штабелер; 10 — пульт управления приемосдаточной секции; 11 — транспортер; 12 — транспортер выдачи готовых деталей; 13 — двухвальный штабелер; 14 — станция установки заготовки; 15 — направляющие тележки; 16 — тележка; 17 — горизонтальный многоцелевой станок YBM90N-100P; 18 — автоматическое поворотное устройство замены спутников; 19, 20 — горизонтальный многоцелевой станок YBM90N-80P

Обрабатываемые изделия:

Наименование	Рамы и корпуса редукторов для прядильных машин и металлообрабатывающих станков (300 типов деталей)
Форма и материал	Корпусные детали; чугунное литье (FC15, FC20, FC35), алюминий, сталь
Максимальные габариты, мм	800 × 100 × 500; масса до 1300 кг
Средний такт выпуска, мин	40 (размер партий 20—50 шт.)

Компоновочная структура ГПС MR-1 приведена на рис. 55.

Состав основного оборудования

1. Четыре вертикальных многоцелевых станка («Триакс-VB» фирмы «Мицуи сэйки», FTN350 фирмы «Тоёта коки», MCV-500 фирмы «Осака кико»). Имеются автоматические устройства для замены спутников с точностью останова $\pm 0,2$ мм. Время загрузки-разгрузки многоцелевых станков и транспортных тележек 30 с. Применяются устройства ЧПУ «Фанук 260» и «Мелдас 500С».

2. Три горизонтальных многоцелевых станка («YBM-90N-80P» и «YBM-90N-100P» фирмы «Ясуда когё»). Имеются автоматические устройства поворотного типа для замены спутников с точностью останова ± 1 мм. Время загрузки-разгрузки станков 55 с, транспортных тележек — 30 с. Применяются устройства ЧПУ «Фанук 300С».

Состав транспортной подсистемы

1. Система автоматического транспортирования включает две индукционные роботизированные тележки фирмы «Мурата кикай». Грузоподъемность тележек 1300 кг, скорость перемещения 60/30/12 м/мин, точность останова по отношению к меткам в полу составляет ± 1 мм. Минимальный радиус поворота 6 м. Питание осуществляется от аккумуляторных батарей (2 × 24 В). Батареи заряжают через каждые 8 часов.

2. Применяют спутники двух типов: для вертикальных многоцелевых станков и для горизонтальных многоцелевых станков. Габариты спутников 800 × 800 × 120 мм и 1000 × 800 × 120 мм. На боковой поверхности спутника имеется паз для кодовой пластинки. Код считывается концевыми переключателями. Считывающие устройства установлены на входе и выходе автоматического склада.

3. На автоматическом складе имеются 220 стеллажей, а также секция приема и выдачи.

Дополнительные замечания

1. В дневное время систему обслуживают два-три человека в смену, в ночную смену работа идет по безлюдной технологии.

2. В среднем детали проходят 4—8 технологических операций. На участке комплектации при автоматическом складе заготовки устанавливают на спутники, которые затем перемещаются в позиции ожидания. В соответствии с производственным заданием спутники устанавливают

на тележку, транспортируют и запускают в обработку без участия человека.

3. Точность обработки $\pm 0,005$ мм. Инструмент комплектуется в 500 комплектов из 3000 типов. На каждую операцию подобрано 15—20 комплектов (2—3 магазина).

4. Управление роботизированными тележками осуществляется следующим образом: устройства управления получают информацию от управляющей ЭВМ (начальный и конечный пункты перемещения, режим перемещений) и принимают решение, какая тележка будет выполнять задание. Устройства управления установлены на тележках и взаимодействуют с металлическими метками, установленными вдоль траекторий движения. При подходе к определенным меткам происходят переключение режимов движения и изменение скорости.

5. Производственное задание устанавливается следующим образом: директивная информация от системы управления заводом поступает на гибких дисках, корректируется в соответствии с текущими условиями и вводится в систему управления ГПС. Корректировочную информацию можно ввести и с видеотерминала.

Информационно-управляющая структура ГПС МК-1 приведена на рис. 56.

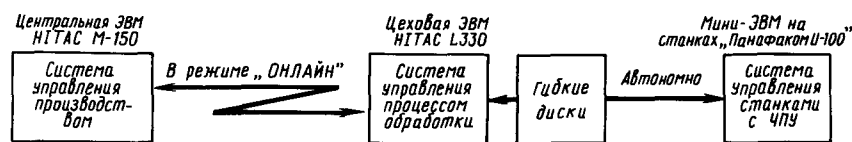


Рис. 56.

Возможности ПМО

Подсистема оперативного управления производством:

- управление приемом заказов;
- управление приемом заготовок;
- обработка технологической информации;
- вывод сопроводительной информации;
- бухгалтерский учет;
- расчет заработной платы;
- технологические расчеты;
- контроль хода технологического процесса;
- управление инструментальным хозяйством;
- автоматическое программирование.

Подсистема прямого управления:

- управление транспортно-накопительной подсистемой;
- управление процессами обработки;

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Централизованное управление от ЭВМ «Панафакон U-100», магнитные диски.

2. Дисплей для воспроизведения алфавитно-цифровой информации, устройство для ввода данных с перфоленты, АЦПУ.

Состояние системы и перспективы развития

1. Предстоит решить такие проблемы, как автоматическая смена программ системы ЧПУ, управление режимами резания, управление инструментальным хозяйством и автоматическая смена инструмента, автоматизация измерений при обработке.

2. Опыт работы в 1982 г. показал, что емкость склада недостаточна, и на горизонтальных многоцелевых станках транспортные и загрузочные операции осуществлялись в ручном режиме.

3. Автоматическая передача спутников с тележки в автоматическое устройство для замены спутников оказалась целесообразной.

Гибкая производственная система NYS-1 *

Основные сведения

Фирма-пользователь	«Ниппон юсоки» (основной завод)
Год начала эксплуатации	1981
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Оси и корпуса трансмиссий для вилочных автопогрузчиков (19 типов)
Форма и материал	Корпусные детали: чугунное литье
Такт выпуска, мин	20—90 (размер партий 20—70 шт.)

Компоновочная структура ГПС NYS-1 приведена на рис. 57.

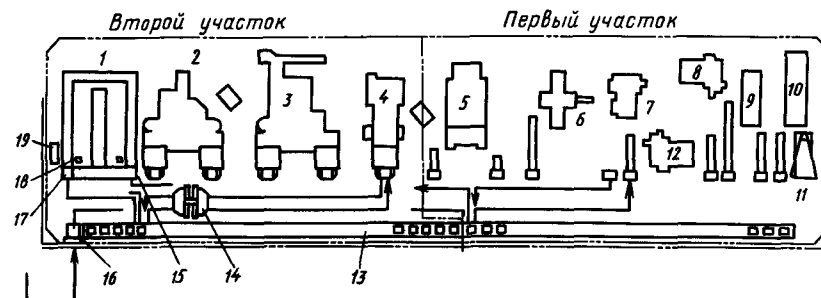


Рис. 57.

1 — накопитель спутников; 2 — горизонтальный многоцелевой станок YPC-50-71; 3 — горизонтальный многоцелевой станок YPC-50-26; 4 — горизонтальный многоцелевой станок YBM-70N-50; 5 — многоцелевой станок HP-4; 6 — расточный станок; 7 — токарный станок; 8, 9, 10 — автономно работающие токарные станки; 11 — сверлильный станок; 12 — токарный станок; 13 — накопитель спутников; 14 — рельсовая тележка; 15 — разгрузочный манипулятор; 16, 17 — манипулятор-укладчик; 18 — пульт управления манипуляторами; 19 — пульт управления тележкой

Состав основного оборудования

1. Первый участок (обработка базовых поверхностей, предварительная обработка): два токарных станка; три автономно работающих то-

* См. [45, 64, 72, 81, 86].

карных станка; двухшпиндельный расточный станок; сверлильный станок; многоцелевой станок (НР-4 фирмы «Мицуи»).

2. Второй участок: три многоцелевых станка фирмы «Ясуда когё» с устройствами для замены спутников (горизонтальный станок УВМ-70N-50 с автоматическим инструментальным магазином на 70 инструментов с произвольной выборкой инструмента, станок УРС-50-26 с автоматическим инструментальным магазином на 32 инструмента и станок УРС-50-71 с автоматическим инструментальным магазином на 32 инструмента).

3. Полный цикл обработки может быть от 20 мин. до полутора часов. На каждую заготовку в среднем приходится по 1—3 технологические операции.

Состав транспортной подсистемы

1. Автоматическая транспортная тележка (фирмы «Ниппон юсоки»): габариты 3090×1900×930 мм, собственная масса 2 т, грузоподъемность 1 т, скорость перемещения 60/30/2 м/мин, подъем платформы 200 мм, длина хода платформы 600 мм, угол разворота платформы ±90°. Мощность электродвигателя привода тележки 1,5 кВт, мощность гидропривода платформы 1,5 кВт. Напряжение трехфазного тока 200 В. Подача энергии — через скользящий контакт. Двухканальная связь с тележкой осуществляется также через скользящие контакты. Тележка оборудована двумя вилочными погрузчиками. Ширина колеи 1850 мм. Точность останова ±10 мм.

2. Накопитель спутников (фирмы «Ниппон юсоки»): ширина 500 мм, высота 1030 мм, количество ячеек 50 (20 ячеек на первом участке и 30 ячеек — на втором).

3. Кран-балки (грузоподъемностью 200 кг) на первом участке: три при автономных токарных станках, один — при многоцелевом станке и два — на распределительной станции.

4. Роликовые транспортеры на первом участке для связи всех станков со станциями загрузки тележки.

Дополнительные замечания

1. Применяются спутники двух типов: деревянные спутники 600×500 мм для работы на первом участке и металлические спутники 500×500 мм для работы на втором участке. На распределительной станции заготовку переносят с деревянного спутника на металлический (крепежные устройства рассчитаны на эту операцию). Масса металлического спутника 250 кг. Номер спутника устанавливается непосредственно на нем. Для этого имеется специальный выступ. Всего в системе занято 30 таких спутников.

2. Систему обслуживают пять человек (на первом участке работают три человека: один человек — при входе в автоматический накопитель и один — при выходе из накопителя). В ночное время второй участок работает по безлюдной технологии.

3. Участок универсальных станков общего назначения и интегриро-

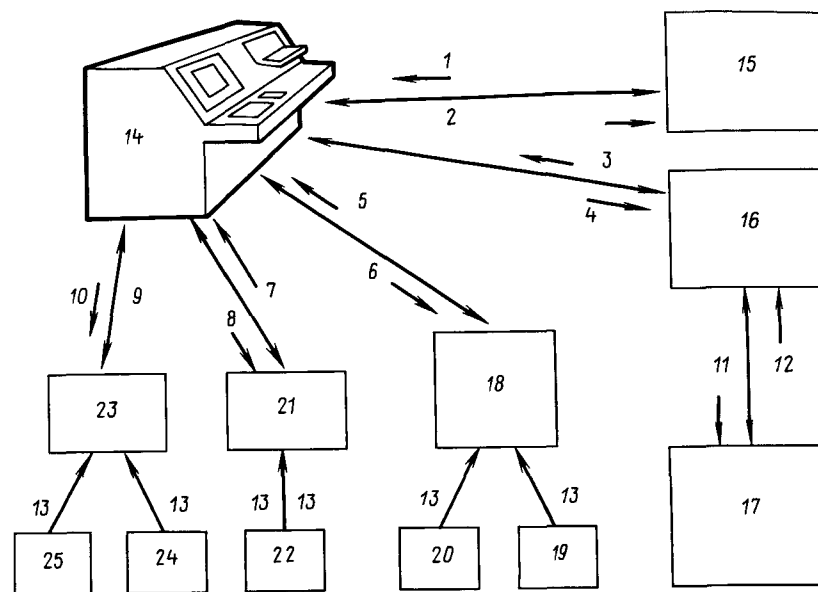


Рис. 58.

1 — сигналы требования — сигналы загрузки (да, нет) * сигнал начала работы * информация о процессе обработки * блокировка; 2 — номер рабочей программы * блокировка; 3 — сигнал об окончании движения или сбоях в движении; 4 — отображение процесса движения * исходное состояние * блокировка; 5 — позывной сигнал * сигнал о получении или выдаче заготовки * служебные сигналы * сигнал о загрузке (да, нет); 6 — индикация; 7 — номер спутника * сигнал о загрузке * сигнал об установке; 8 — индикация; 9 — номер заготовки * номер спутника * сигнал об установке * сигнал о загрузке; 10 — индикация; 11 — сигнал хода * сигнал о загрузке и разгрузке * блокировка; 12 — сигнал об окончании движения * блокировка * сигналы о сбоях; 13 — сигнал о загрузке; 14 — ЭВМ; 15 — устройство ЧПУ (три устройства для второго участка); 16 — пульт управления на тележке; 17 — автоматическая тележка; 18 — пульт управления № 3 для первого участка; 19 — загруженный станок; 20 — разгруженный станок; 21 — пульт управления № 2 (выдача со склада); 22 — разгрузочный манипулятор; 23 — пульт управления № 1 (ввод на склад); 24 — манипулятор-укладчик № 1; 25 — манипулятор-укладчик № 2

ванная группа многоцелевых станков объединены одной автоматической тележкой.

4. Имеется возможность значительного увеличения емкости накопителя спутников.

5. В случае неисправности транспортной тележки имеется возможность работать вилочным автопогрузчиком в ручном режиме.

Информационно-управляющая структура ГПС MYS-1 приведена на рис. 58.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Управляющий комплекс построен на ЭВМ (память с произвольным доступом объемом 2 К байт и ПЗУ на 16 К байт).

2. Дисплей с ЭЛТ, АЦПУ.

1. Каждое утро в управляющий комплекс вводится следующая информация (для второго участка): номера заготовок, номера ячеек накопителя, номера спутников, последовательность обработки, номера станков, выполняющих назначенные операции, номера необходимых программ, приоритетные данные. В дальнейшем с ростом автоматизации планируется управление потреблением энергии.

2. Управляющий комплекс, построенный на принципе последовательности управления, способен обслуживать до десяти станков с ЧПУ и до 99 спутников.

3. После окончания каждой технологической операции заготовка возвращается в накопитель.

Гибкая производственная система FUJ-1*

Основные сведения

Фирма-пользователь	«Фудзи дэнки» (завод в Судзука)
Год начала эксплуатации	1981
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Валы двигателей
Форма и материал	Детали типа тел вращения S35C, SUS
Максимальные габариты, мм	Ø26—55; длина 260—650
Размер партий, шт	От 15 и более

Компоновочная структура ГПС FUJ-1 приведена на рис. 59.

* См. [37, 41, 55, 67, 78, 82, 88].

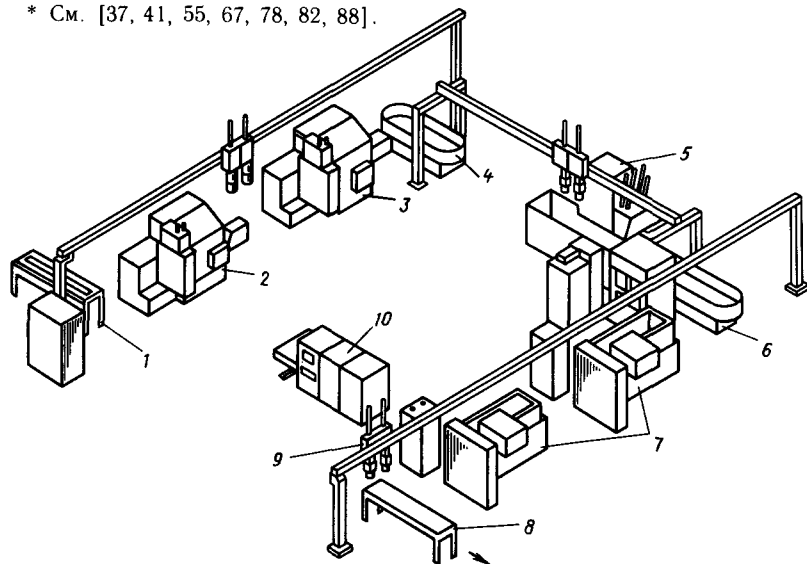


Рис. 59.

1 — подающий транспортер; 2, 3 — токарные станки с ЧПУ AX-25N; 4 — переводной механизм; 5 — горизонтальный многоцелевой станок MN630; 6 — переводной механизм; 7 — шлифовальные станки с ЧПУ CGU1000N; 8 — разгрузочный транспортер; 9 — автоматический погрузчик; 10 — устройство прямого ЧПУ

Состав основного оборудования

1. Два токарных станка с ЧПУ (AX25N фирмы «Икэгай тэкко»). Расстояние между центрами 650 мм, частота вращения главного привода 2500 мин⁻¹. Применяется устройство ЧПУ марки 6Т фирмы «Фанук». Имеется специальный кулачковый патрон с большим диапазоном захвата. Возможны автоматический замер геометрических параметров и коррекция установки инструмента.

2. Горизонтальный многоцелевой станок (MN630 фирмы «Хитати сэйки») для обработки шпонок и выемок. Имеется автоматический инструментальный магазин на 18 инструментов. Частота вращения главного привода 3150 мин⁻¹. Применяется устройство ЧПУ марки 6Т фирмы «Фанук». Имеется специальное устройство для зажима (тарельчатый привод с делительным механизмом и автоматическим стопором). Осуществляется автоматический замер параметров шпонок и выемок.

3. Два круглошлифовальных станка с ЧПУ (CGU1000N фирмы «Цугами»). Расстояние между центрами 1000 мм. Применяется устройство ЧПУ марки 6Т фирмы «Фанук». На этих станках ведут шлифование цапф. Для зажима установлен специальный кулачковый патрон с большим диапазоном захвата. Имеется устройство для автоматического контроля геометрических параметров деталей.

Состав транспортной подсистемы

1. Три портальных манипулятора (фирмы «Фудзи дэнки»). Так как манипуляторами управляет мини-ЭВМ, возможен останов в любой произвольной точке. Скорость перемещения 1 м/с.

2. Два транспортера: для ввода заготовок в систему и для вывода готовых изделий. Входной транспортер одновременно выполняет функцию приема заготовок с предварительно обработанной боковой поверхностью и функцию буферного накопителя.

Дополнительные замечания

1. Обслуживающий персонал сократился до одного человека, т. е. в десять раз, количество станков сократилось в восемь раз, производительность возросла в десять раз. Производственный цикл сократился с одной недели до 15 минут.

2. Окончательный контроль производится вне системы в ручном режиме.

Информационно-управляющая структура ГПС FUJ-1 приведена на рис. 60.

ЭВМ и периферийное оборудование

Мини-ЭВМ («Панафакон L-16A»).

Характеристики ПМО

1. Данные для процесса обработки и производственные задания поступают на гибких дисках от ЭВМ высшей ступени иерархии.

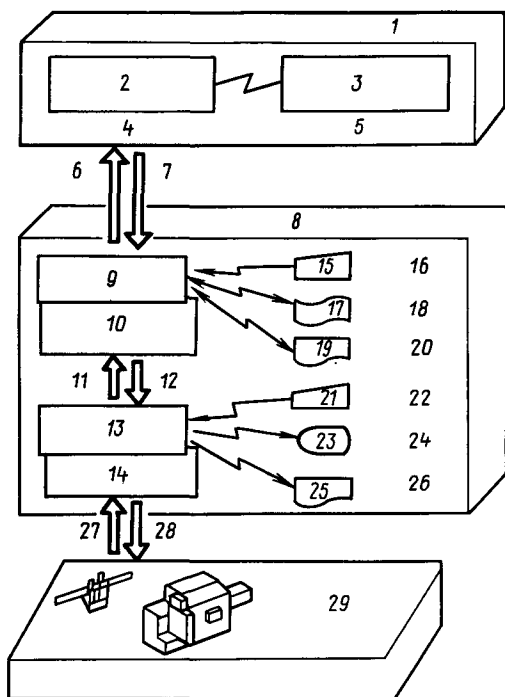


Рис. 60.
1 — ЭВМ верхнего уровня иерархии; 2 — «Факом 230-38» * система управления производством; 3 — «Факом 230-48» * основная ЭВМ; 4 — производственное задание; 5 — данные для системы ЧПУ; 6 — результаты производства; 7 — данные для системы ЧПУ и производственная программа; 8 — система прямого ЧПУ; 9 — «Панафак L-16A» * линейное управляющее устройство; 10 — обработка данных, поступающих от ЭВМ верхнего уровня и устройства прямого ЧПУ; 11 — результаты работы; 12 — данные для системы ЧПУ; 13 — «Панафак L-16A» * устройство прямого ЧПУ; 14 — управление в процессе обработки * обмен данными; 15 — клавиатура; 16 — ввод директив * ручной ввод данных; 17 — перфоратор и устройство ввода с перфоленты; 18 — ввод данных для ЧПУ; 19 — печатающее устройство; 20 — печать различных данных; 21 — клавиатура; 22 — ввод директив; 23 — дисплей с ЭЛТ; 24 — вывод информации для оператора * информация о состоянии системы; 25 — печатающее устройство; 26 — печать различных данных; 27 — информация о завершении обработки партии заготовок; 28 — директива о начале обработки новой партии; 29 — транспорт погрузчика и пять станков с ЧПУ.

2. Система управления ГПС является одним из звеньев объединенного управляющего комплекса всего завода.

Разработка системы

Время разработки Два года
Стоимость разработки, млн. иен 250
Разработчики основного оборудования «Фудзи дэнки сэйдзо», «Фудзи дэнки эрумэсу»

Гибкая производственная система BR-1 *

Основные сведения

Фирма-изготовитель «Бурадза коги»
Фирма-пользователь «Бурадза коги» (завод в Мидзухо)
Год начала эксплуатации 1980
Обрабатываемые изделия:
Наименование Детали швейных машин (пять типов)
Форма и материал Корпусные детали, чугунное литье FC20
Максимальные габариты, мм 215×295×200, масса 15 кг

* См [31, 36, 56, 79].

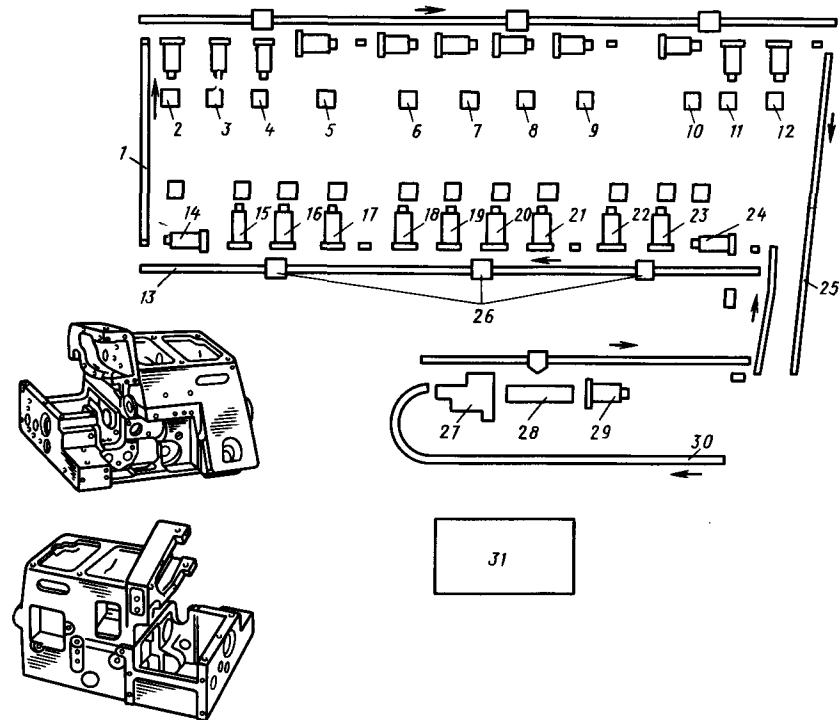


Рис. 61.
1 — подвесной транспортер; 2, 3, 4, 5, 6 — малогабаритные сверлильные станки с ЧПУ; 7, 8, 9, 10, 11, 12 — малогабаритные фрезерные станки с ЧПУ; 13 — рельсовый путь для автоматических погрузчиков; 14, 15, 16, 17 — малогабаритные сверлильные станки с ЧПУ; 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 — малогабаритные фрезерные станки с ЧПУ; 25 — разгрузочный роликовый транспортер; 26 — автопогрузчики; 27 — станок для обработки базовой поверхности; 28, 29 — станки для расточки базовых отверстий; 30 — подающий роликовый транспортер; 31 — зал ЭВМ.

Расчетная производительность, шт/мес 3000
Фактическая производительность, шт/мес 2000 (размер партий приблизительно 50 шт.)

Компоновочная структура ГПС BR-1 приведена на рис. 61.

Состав основного оборудования

1. Станок для обработки базовой поверхности («Тоёва»). На этом комбинированном станке одновременно фрезеруют четыре базовые поверхности. Имеются два шпинделя по координате X (мощность привода 1,5 кВт), один шпиндель по координате Y (3,7 кВт) и один — по координате Z (3,7 кВт). Частоты вращения по осям: X — 825 мин⁻¹, Y — 490 мин⁻¹, Z — 255 мин⁻¹.

2. Два станка для обработки базовых отверстий. Привод позволяет производить шесть операций расточки за одну установку.

3. 14 фрезерных станков с ЧПУ (фирмы «Бурадза когё»). Частота вращения шпинделя $212\text{--}1600\text{ мин}^{-1}$ (восемь ступеней регулирования). Мощность электродвигателей постоянного тока 3,7 кВт. Перемещение по координатам X, Y, Z соответственно 460, 280 и 300 мм, цена деления 0,01 мм. Автоматический инструментальный магазин на 12 инструментов. Время замены инструмента 8 с. Собственная масса 2,3 т. Устройство ЧПУ «Тоснук 300 МН», ведущее управление по трем координатам (одновременно по двум координатам).

4. Девять сверлильных станков с ЧПУ (фирмы «Бурадза когё»). Частота вращения шпинделя $500\text{--}2520\text{ мин}^{-1}$ (восемь ступеней регулирования). Мощность электродвигателя постоянного тока 1,1 кВт. Перемещения по координатам X, Y, Z соответственно 460, 280 и 300 мм, цена деления 0,01 мм. Автоматический инструментальный магазин на 12 инструментов с произвольной выборкой. Время замены инструмента 3,5 с. Собственная масса 2,5 т.

5. 25 установочных приспособлений. Установка осуществляется с центрированием и возможностью вращения по координатам X и Y, таким образом имеются четыре степени свободы. Способ зажима заготовки — пневматический.

Состав транспортной подсистемы

1. Шесть автопогрузчиков (фирмы «Бурадза когё»). Привод от электродвигателя переменного тока, перемещение с помощью шестерни и зубчатой рейки со скоростью 19/1 м/мин. Двухвилочный захват. Концевые переключатели обеспечивают точность останова $\pm 2\text{ мм}$. Мощность двигателя привода 400 Вт, вспомогательного двигателя — 100 Вт.

2. Подвесной транспортер (фирмы «Бурадза когё») для передачи заготовок между двумя технологическими линиями (длина пути 8,6 м, высота 3 м). Продольное перемещение осуществляет цепной привод, а вертикальное — пневматический цилиндр.

3. Два роликовых транспортера: загрузочный (15 м) и разгрузочный (15 м).

Дополнительные замечания

1. Такт выпуска 5 мин. Систему обслуживают два человека (при старой технологии требовалось 42 станка и 24 рабочих).

2. Выполняется 54 операции фрезерования, 246 операций расточки под резьбу, 39 операций чистовой расточки, 11 операций точения.

3. Имеются два ленточных транспортера (по 30 м) для отвода стружки и семь пакетирующих прессов.

4. Обслуживающий персонал включается в управление только в случае сбоев.

5. Фрезерные и сверлильные станки имеют одинаковую стандартную конструкцию, за исключением приводов и автоматических инструментальных магазинов (снижается стоимость эксплуатации, повышается надежность).

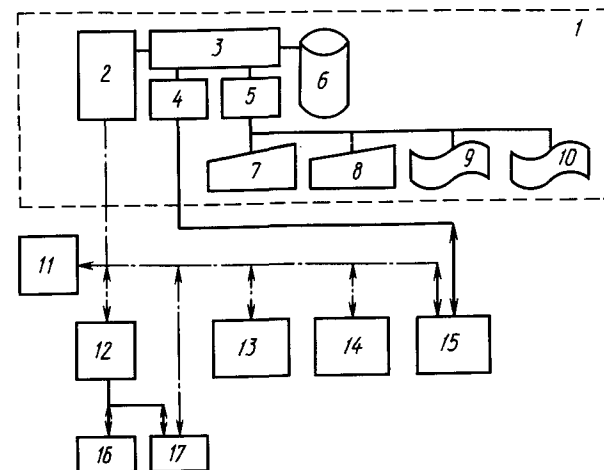


Рис. 62.

1 — блок управления; 2 — устройство загрузки системы; 3 — мини-ЭВМ; 4 — интерфейс системы прямого ЧПУ; 5 — интерфейс системы ввода и вывода данных; 6 — накопитель на магнитных дисках; 7 — печатающее устройство для ввода и вывода; 8 — высокоскоростная печать; 9 — устройство ввода с перфоленты; 10 — перфоратор; 11 — управление подачей; 12 — погрузчик; 13 — подвесной транспортер; 14 — входной и выходной транспортеры; 15 — станки с ЧПУ; 16 — склад; 17 — инструментальное хозяйство

6. Замена программы занимает менее десяти минут. В случае повреждения оборудования ремонт заключается в замене соответствующих узлов.

Информационно-управляющая структура ГПС BR-1 приведена на рис. 62.

Возможности ПМО

1. Обработка данных для чистого ЧПУ (редактирование, хранение, выдача).

2. Обработка данных по производственному процессу. Производственная информация (типы станков, дневной производственный план, размер партии) регистрируется и редактируется.

3. Обработка данных об инструментах. Данные об инструментах (максимально о 750 инструментах) накапливаются, редактируются и хранятся.

4. Обработка данных о результатах работы.

5. Обработка данных об организации производства.

6. Формирование производственных заданий.

7. Вывод на видеотерминал данных об управлении ГПС.

8. Управление автоматическим циклом.

9. Контроль ресурса инструмента и обнаружение его поломки.

10. Управление транспортной подсистемой.

11. Управление в аварийных ситуациях.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. Мини-ЭВМ «Тосбак-40С» с объемом оперативной памяти 48 К байт, внешняя память на магнитных дисках 2,4 М байт.
2. Печатающее устройство с функциями ввода и вывода информации, перфоратор.
3. Цифровое устройство ввода данных (256 точек), цифровое устройство вывода данных (256 точек), вывод на рулонную ленту (64 точки).

Характеристики программного управления

1. Для прямого цифрового управления используется операционная система. Использование оперативной памяти сокращается, а управление и обслуживание упрощается.
2. Обработка данных и управление ГПС разделены на две части, но основной частью является управление.
3. При смене партий обрабатываемых изделий выбирается готовая программа для системы ЧПУ. Этим снижается нагрузка на ЭВМ.

Разработка системы

Время разработки, год	3
Трудоемкость разработки, чел/мес	180
Стоимость разработки, млн. руб.	290
Разработчики основного оборудования	«Бурадза когё»

Состояние системы и перспективы развития

1. Система относится к типу систем со сбалансированным управлением загрузкой.
2. Проблемы, которые предстоит решить: обнаружение поломки сверл малого диаметра или фрез, утилизация стружки, повышение точности измерений в процессе обработки, совершенствование системы профилактического обслуживания.
3. Для обеспечения возможности обработки более 80 типов корпусов швейных машин на весну 1982 г. была запланирована реорганизация ГПС и перевод ее на круглосуточную работу.

Гибкая производственная система КВ-1 *

Основные сведения

Назначение системы	Обработка заготовок деталей типа тел вращения
Фирма-изготовитель	«Кавасаки дзюкогё»
Фирма-пользователь	«Кавасаки дзюкогё» (завод в Нисигами-то)
Год начала эксплуатации	1975
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Корпуса клапанов для радиальных двигателей (шесть типов)
Форма и материал	Детали типа тел вращения; чугунное литье

* См. [58].

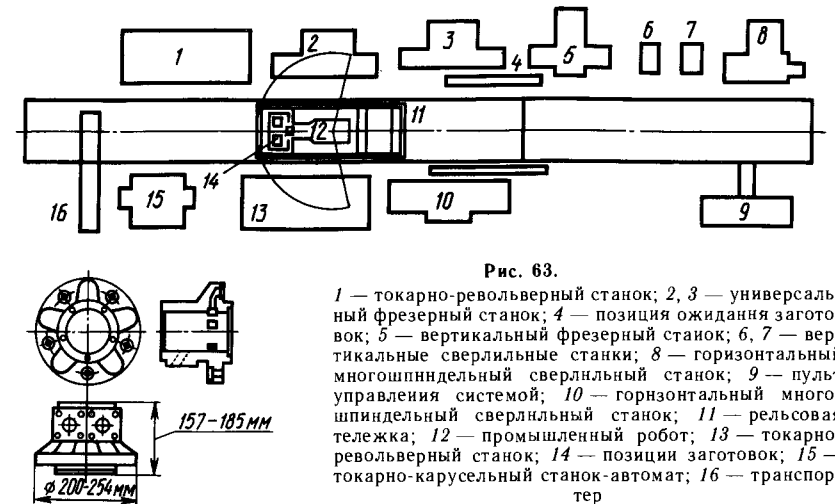


Рис. 63.

1 — токарно-револьверный станок; 2, 3 — универсальный фрезерный станок; 4 — позиция ожидания заготовки; 5 — вертикальный фрезерный станок; 6, 7 — вертикальные сверлильные станки; 8 — горизонтальный многошпиндельный сверлильный станок; 9 — пульт управления системой; 10 — горизонтальный многошпиндельный сверлильный станок; 11 — рельсовая тележка; 12 — промышленный робот; 13 — токарно-револьверный станок; 14 — позиция заготовок; 15 — токарно-карусельный станок-автомат; 16 — транспортер

Максимальные габариты, мм $\varnothing 254$, длина 185, масса 14—23 кг
Такт выпуска 5 мин 50 с

Компоновочная структура ГПС КВ-1 приведена на рис. 63.

Состав основного оборудования

1. Автоматический вертикальный токарный станок.
2. Два токарно-револьверных станка.
3. Два фрезерных станка для массового производства.
4. Вертикальный фрезерный станок.
5. Два вертикальных многошпиндельных сверлильных станка.
6. Два вертикальных сверлильных станка.
7. Так как допуски очень жесткие, ведется автоматический контроль размеров с помощью электрического микрометра. При отклонении измеряемого параметра от заданного значения происходит останов станка. Осуществляется контроль ресурса инструмента.

Состав транспортной подсистемы

1. Транспортирование заготовок и загрузка станков осуществляются с помощью рельсовой тележки и промышленного робота.
2. Применяется робот модели 2030А фирмы «Кавасаки юнимэто». Запоминающее устройство в состоянии запомнить 510 фиксированных точек. Максимальная грузоподъемность 34 кг. Точность позиционирования ± 1 мм.
3. Заготовки вводятся в систему транспортером, с которого их забирает робот.
4. Через каждые 1000 ч. работы робота производится профилактический осмотр, а через 10 тыс. ч. — регламентные работы.

Дополнительные замечания

1. На каждом станке требуются крепежные приспособления, обеспечивающие точность установки $\pm 0,1$ мм. Контроль работы крепежных приспособлений осуществляет оператор.

2. Зажим заготовки на станке осуществляется гидравлическим или пневматическим способом.

3. При двухсменной работе систему обслуживают два человека в смену (один контролирует работу робота, другой выполняет послеоперационное обслуживание). После контроля работы робота в стартовом режиме рабочий переключается на контроль работы всей системы, замену инструмента (один раз в смену) и на загрузку и разгрузку вертикальных сверлильных и фрезерного станка и горизонтального многошпиндельного сверлильного станка в ручном режиме. (Ранее требовалось три человека в смену).

4. Универсальные станки оснащены системой автоматического транспортирования и автоматической загрузки.

5. С самого начала такт выпуска был равен девяти минутам. После внедрения автоматического вертикального токарного станка была произведена перепланировка системы и такт выпуска стал 5 мин 50 с.

6. Имеется утилизирующее устройство с пневмоприводом. Стружка убирается потоком СОЖ и воздуха. Устойчивость работы и производительность повышены тем, что с внедрением токарно-револьверных станков отпала необходимость частой смены инструмента и его подбора.

Состояние системы и перспективы развития

Предстоит решить проблему повышения эффективности профилактических работ и сокращения непроизводительных потерь времени.

Гибкая производственная система КВ-2 *

Основные сведения

Особенности системы	Используются станки со сменными многошпиндельными головками
Фирма-изготовитель	«Кавасаки дзюкогё»
Фирма-пользователь	«Кавасаки дзюкогё» (завод в Акаси)
Год начала эксплуатации	1978
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Картеры малогабаритных двигателей для сельскохозяйственных машин (четыре типа)
Форма и материал	Корпусные детали; сплавы на основе алюминия
Максимальные габариты, мм	300×250×100
Такт выпуска, с	36—38

Компоновочная структура ГПС КВ-2 приведена на рис. 64.

* См. [29].

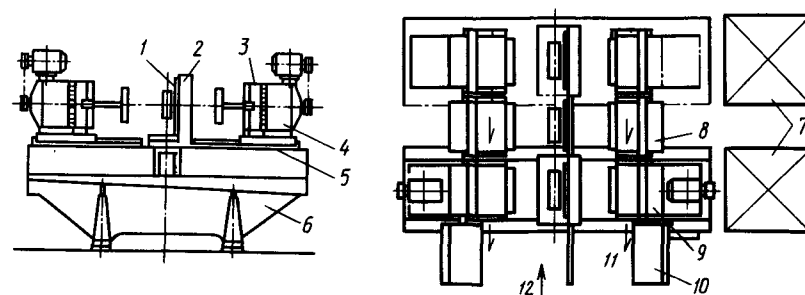


Рис. 64.

1 — спутник; 2 — приспособление; 3 — специальная головка; 4 — головка; 5 — направляющие; 6 — станция; 7 — позиции ожидания головок; 8 — головка, направляемая на станок; 9 — использованная головка; 10 — позиция приема головки; 11 — направление смены головки; 12 — направление подачи заготовок

Состав основного оборудования

1. Восемь обрабатывающих модулей, оснащенных многошпиндельными головками со спиральными сверлами и метчиками. Каждый модуль работает автономно и имеет следующие устройства: для замены инструментальных головок, для подачи спутников, для подачи и регенерации СОЖ, электрические и гидравлические средства автоматизации. В каждой инструментальной головке установлено по 4—15 инструментов. Стружка накапливается в контейнерах, размещенных под каждой инструментальной головкой.

2. Модули обслуживаются станциями зажима заготовки, разжима заготовки, имеют устройства обнаружения поломок сверл, промывочную станцию. В начале системы установлена станция зажима заготовки, на которой заготовку устанавливают на спутник. В конце установлена станция разжима заготовки для съема заготовки со спутника и удаления ее. После освобождения спутники отправляют на транспортер для возврата на исходную позицию.

3. Подъемник с устройством для изменения положения в горизонтальной плоскости на 90° и устройством для изменения положения в вертикальной плоскости на 90° . Изменение положения заготовки необходимо при передаче ее между модулями.

4. У каждого модуля есть позиция смены инструментальных головок. Для того, чтобы не останавливать всю систему, замена головок происходит не одновременно. Время смены головки — 15 с.

5. Инструментальные головки специализированы для каждого станка. В зависимости от глубины обработки определяются способ зажима и длина рабочей части инструмента. Привод головок безредукторный, поэтому уровень шума значительно снижен.

Состав транспортной подсистемы

1. За каждым модулем закреплено устройство для подачи спутников. Все устройства работают согласованно. Между модулями всегда имеется один спутник.

2. Применяются простые спутники плоской формы. Их можно наклонять и поворачивать для установки обрабатываемой поверхности. Посадочное отверстие стандартизировано, поэтому такой спутник подходит для работы на станках с различными устройствами зажима.

3. Позиции ожидания инструментальных головок размещены между модулями, поэтому на каждый модуль приходится по две позиции. Работа организована так, что при замене головок новая головка берется с позиции ожидания, а старая укладывается в позицию эвакуации.

4. При обработке заготовок малых размеров на спутник устанавливают по 4 заготовки.

Дополнительные замечания

1. Многошпиндельные инструментальные головки имеют привод от эксцентрикового диска, что делает их дешевыми и малогабаритными, а также снижает уровень шума.

2. Обрабатывающие модули работают автономно, поэтому всегда возможна перепланировка системы. Занимаемая системой площадь $14 \times 3 \text{ м}^2$.

3. В системах автоматизации применяются безударные соленоидные переключатели, повышающие надежность работы и снижающие уровень шума.

4. Потери времени на смену инструментальных головок минимальны, так как смена идет поочередно в процессе работы системы.

ЭВМ и периферийное оборудование

Применена система последовательного управления.

Разработка системы

Время разработки, год 2
Разработчик основного оборудования «Кавасаки дзюкогё»

Состояние системы и перспективы развития

Необходимо решить проблему предварительной обработки (обработка плоской поверхности) и совмещения черновой обработки с чистовой. Должны быть усовершенствованы процессы подачи и хранения спутников и инструментальных головок, а также процесс утилизации стружки.

Гибкая производственная система TT-1 (S.P.S.) *

Основные сведения

Фирма-изготовитель «Тэкидзава тэккодзё»
Фирма-пользователь «Хитати сэйсакудзё» (завод в Саяма)
Обрабатываемые изделия:

* См. [32, 33, 35].

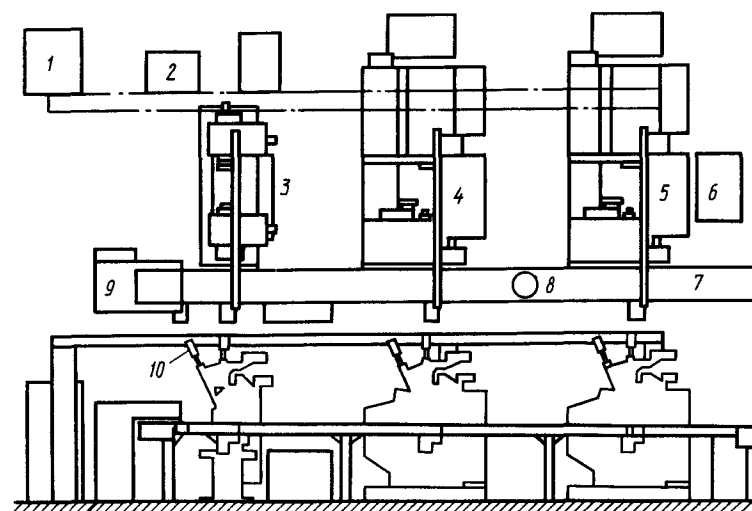


Рис. 65.

1 — центральный блок управления; 2 — пульт управления торцевальным станком; 3 — торцевальный станок CX-70E; 4, 5 — токарные станки 4SN-10; 6 — насосная станция; 7 — транспортер; 8 — поворотное устройство; 9 — бункер; 10 — автоматический погрузчик

Наименование Малогабаритные валы для электродвигателей
Форма Детали типа тел вращения

Компоновочная структура ГПС TT-1 приведена на рис. 65.

Состав основного оборудования

1. Два токарных станка с ЧПУ типа CNC (4SN-10 фирмы «Тэкидзава»). Управление одновременно идет по четырем координатам (двухкоординатное перемещение каретки суппорта и двухкоординатное перемещение резцедержателя). Возможна черновая и чистовая обработки. Стружка отходит от резца под углом 40° с правой стороны.

2. Торцевальный станок (CX-70F фирмы «Тэкидзава») для обработки торцов с двух сторон, точения наружной цилиндрической поверхности и сверления центрального отверстия. Имеется устройство для контроля износа сверл и измерения глубины отверстия при сверлении и устройство для зажима заготовки и автоматического центрирования.

Состав транспортной подсистемы

1. Транспортер, связывающий все три станка. На позициях загрузки перед станками манипулятор останавливает заготовку и вводит ее в станок или пропускает.

2. Автооператоры (закреплены за каждым станком) производят загрузку станков заготовками, поступающими с транспортера. Привод гидравлический двухрычажный.

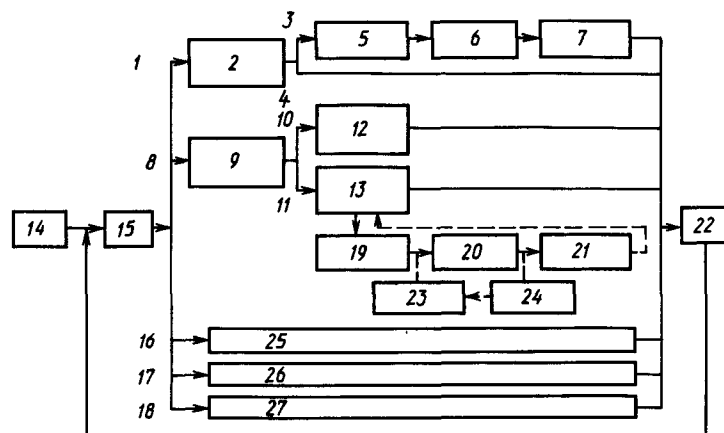


Рис. 66.

1 — входной транспортер; 2 — установка и распознавание заготовки; 3 — «нет»; 4 — «да»; 5 — сигнал отсутствия заготовки; 6 — останов линии; 7 — досылка заготовки в ручном режиме; 8 — торцевальной станок; 9 — установка и распознавание заготовки; 10 — «нет»; 11 — «да»; 12 — положение ожидания загрузочного устройства на транспортере; 13 — замена заготовки загрузочным устройством на транспортере; 14 — автоматическая подача; 15 — подача из бункера; 16 — токарный станок с ЧПУ (первая операция); 17 — кантовое устройство; 18 — токарный станок с ЧПУ (вторая операция); 19 — ожидание подачи на станок; 20 — загрузка и разгрузка; 21 — подача на транспортере; 22 — транспортер на выходе; 23 — завершение обработки и требование загрузки; 24 — обработка резанием; 25 — обработка торцов; 26 — кантование заготовки; 27 — обработка торцов

3. В приемный контейнер загружают 200—300 заготовок. Проходя между ползунами (верхним и нижним), заготовки укладываются в два ряда.

4. На участке транспортера между двумя токарными станками установлено устройство для кантования заготовок.

Информационно-управляющая структура ГПС ТТ-1 приведена на рис. 66.

Дополнительные замечания

1. В токарных станках с ЧПУ типа CNC управление ведется по четырем координатам. Кроме того, возможна обработка одной заготовки с двух сторон. Это сокращает такт выпуска и повышает точность обработки.

2. Структура системы позволяет расширить автоматизацию технологических операций, которые раньше выполнялись вручную. Планируется организация гибкого среднесерийного производства деталей типа тел вращения.

Гибкие производственные системы SK-1, SK-2 *

Основные сведения

Особенности систем Завод по производству осей и колес железнодорожных вагонов

* См. [22, 43].

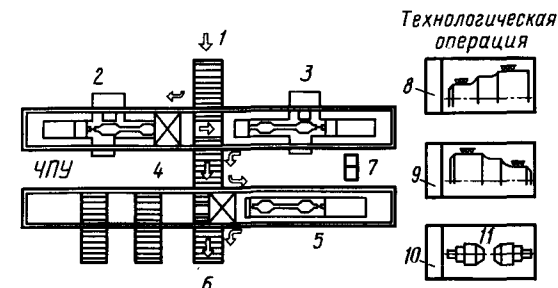


Рис. 67.

а — участок обработки осей: 1 — подающий транспортер; 2 — шлифовальный станок с ЧПУ (первая операция); 3 — шлифовальный станок с ЧПУ (вторая операция); 4 — промежуточный транспортер; 5 — токарный станок для чистовой обработки (третья операция); 6 — разгрузочный транспортер; 7 — ЧПУ; 8 — первая операция; 9 — вторая операция; 10 — третья операция; 11 — полирование
б — участок обработки колес: 1 — подающая тележка; 2 — отводящая тележка; 3 — погрузчик; 4 — пульт управления; 5, 6, 7 — токарные станки

Фирма-пользователь	«Сумитомо киндзоку когё» (сталелитейный завод)
Год начала эксплуатации	1975
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Оси и колеса для железнодорожных вагонов (несколько сотен типов)
Форма и материал	Детали типа тел вращения: сталь
Максимальные габариты, мм	Оси $\varnothing 130$, колеса $\varnothing 900$; масса 500 кг
Фактическая производительность, шт/мес	Колеса — 30 000, валы — 13 000 (размер партий 30—2000 шт.)

Компоновочная структура ГПС SK-1, SK-2 приведена на рис. 67.

Состав основного оборудования

Переналаживаемая линия с прямым числовым управлением для обработки осей (производительность 3000 изделий в месяц):

1. Два шлифовальных станка с ЧПУ и с измерительным устройством высокой точности.

2. Токарный станок для чистовой обработки с ЧПУ и роликовым пьезоэлектрическим контролирующим устройством.

Групповая чистовая расточка отверстий в колесах (производительность 5000 изделий в месяц).

Три автоматических токарно-карусельных станка с ЧПУ. Станки оснащены программируемыми контроллерами, автоматическими гидравли-

ческими револьверными головками и поворотными устройствами для сбора стружки.

Кроме того, имеются еще шесть автоматизированных линий: для обработки боковых поверхностей, для чистовой обработки колес, для обработки тормозных колец и др.

Состав транспортной подсистемы

Линия с прямым числовым управлением для обработки осей: поступающие по транспортеру заготовки загружаются в станок и снимаются с него автоматическим манипулятором. Такт загрузки и разгрузки автоматического манипулятора (изготовлен фирмой «Тайё тэко») составляет 40 с.

Линия чистовой обработки отверстий в колесах:

поступающее на тележке, работающей в челночном режиме, колесо устанавливается на станок и снимается с него автоматическим манипулятором. Автоматический манипулятор имеет оперативную память и может быть запрограммирован. Такт работы манипулятора 80 с.

Дополнительные замечания

1. С внедрением линии с прямым числовым управлением для обработки осей высвобождено 23 человека. На линии чистовой обработки колес

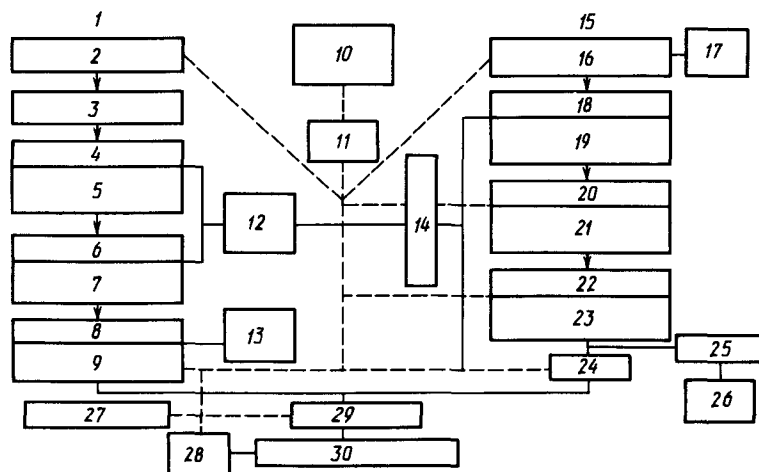


Рис. 68.

1 — обработка осей; 2 — токарный станок; 3 — торцевание; 4 — чистовая обработка в системе с прямым ЧПУ; 5 — четыре станка NC-L * два погрузчика; 6 — чистовая обработка в системе с прямым ЧПУ; 7 — два станка NC-G * один станок NC-R * три погрузчика; 8 — подгонка по размерам колеса; 9 — измерительное устройство * погрузчик; 10 — основная ЭВМ; 11 — мини-ЭВМ; 12, 13 — система прямого ЧПУ; 14 — подсистема автоматического транспорта; 15 — обработка колеса; 16 — управляющие директивы; 17 — микро-ЭВМ; 18 — участок специальной обработки; 19 — 12 станков PC-T * 12 погрузчиков; 20 — участок обработки тормозных колец; 21 — два многошпиндельных сверлильных станка * один погрузчик; 22 — участок чистовой обработки; 23 — три станка PC-T * один погрузчик; 24 — участок контроля; 25 — автоматический маркировщик; 26 — микро-ЭВМ

высвобождено 16 человек. Производительность возросла в семь раз.

2. Другие технологические линии на заводе также автоматизированы. Всего высвобождено 185 человек.

3. На участке контроля работают три тележки с автоматическим управлением без участия человека.

4. Весь технологический процесс от обработки осей и колес до сборки узла проходит на одном заводе. Это повышает экономичность.

5. Оси и колеса изготавливаются из труднообрабатываемых материалов, поэтому в состав системы входят станки высокой жесткости и большой мощности. Инструмент быстро затупляется, утилизация стружки затруднена, поэтому требуется участие операторов.

Информационно-управляющая структура ГПС SK-1, SK-2 приведена на рис. 68.

Разработка системы

Время разработки системы, год . . . 2
Стоимость разработки, млн. иен . . . 230 — линия чистовой обработки осей:
100 — участок обработки колес: 10300 —
автоматизация других линий.
Разработчик основного оборудования «Сумитомо киндзоку»

Состояние системы и перспективы развития

Направлениями дальнейшей автоматизации являются: автоматизация утилизации стружки, контроль ресурса режущего инструмента, блокировка станков в аварийной ситуации, автоматизация технического контроля.

Гибкая производственная система

Основные сведения

Особенности системы Применение многошпиндельных инструментальных головок
Год начала эксплуатации 1979
Обрабатываемые изделия:
Наименование Картеры для компрессоров холодильных установок (пять типов)
Форма и материал Корпусные детали; чугунное литье
Масса, кг 25—48
Такт выпуска, мин 30—35

Компоновочная структура ГПС приведена на рис. 69.

Состав основного оборудования

1. Вертикальный многоцелевой станок (модифицированный станок V-1XW) с устройством для контактного контроля состояния режущих кромок сверл и автоматическим инструментальным магазином на 12 инструментов. Имеется автоматическое устройство для замены многошпиндельной головки.

2. Горизонтальный многоцелевой станок (MBN-7 фирмы «Хитати сэйко») с устройством для контактного контроля состояния режущих

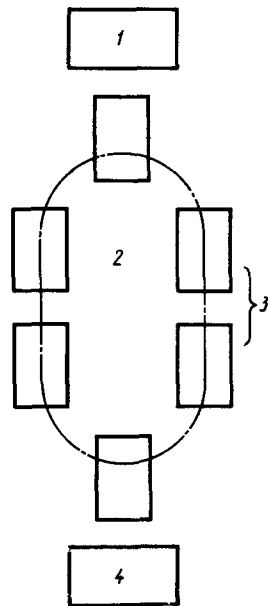


Рис. 69.

1 — горизонтальный многоцелевой станок MBN-7; 2 — шестигранный накопитель спутников; 3 — позиция загрузки и разгрузки; 4 — вертикальный многоцелевой станок V-IXW

кромки сверл и автоматическим инструментальным магазином на 24 инструмента.

3. Предварительная обработка базовых поверхностей производится на вертикальном многоцелевом станке.

Состав транспортной подсистемы

1. Накопитель с шестью постоянными местами для спутников. Последовательность обработки может быть назначена произвольно.

2. Габариты спутника 630×630 мм. На каждый спутник устанавливают по две заготовки. Количество обрабатываемых поверхностей — пять.

3. Для загрузки спутников применяют кран-балку.

Дополнительные замечания

1. Производственная площадь с внедрением системы сократилась в три раза, а производительность из расчета на одного работающего увеличилась вдвое.

2. Стружка убирается ленточным транспортером.

3. В дневную смену работает один человек. В ночное время система работает десять часов по безлюдной технологии.

4. Автоматизировано производство, включавшее раньше шесть станков общего назначения: горизонтально-сверлильные, радиально-сверлильные, фрезерные.

Стоимость разработки системы,
млн. иен 65

Разработчик основного оборудования Фирма-пользователь.

Состояние системы и перспективы развития

При обработке крупногабаритных картеров по безлюдной технологии обеспечивается точность в 3—4 раза выше, чем при обычной обработке.

Гибкая производственная система для обработки картеров

Основные сведения

Год начала эксплуатации 1980
Обрабатываемые изделия:

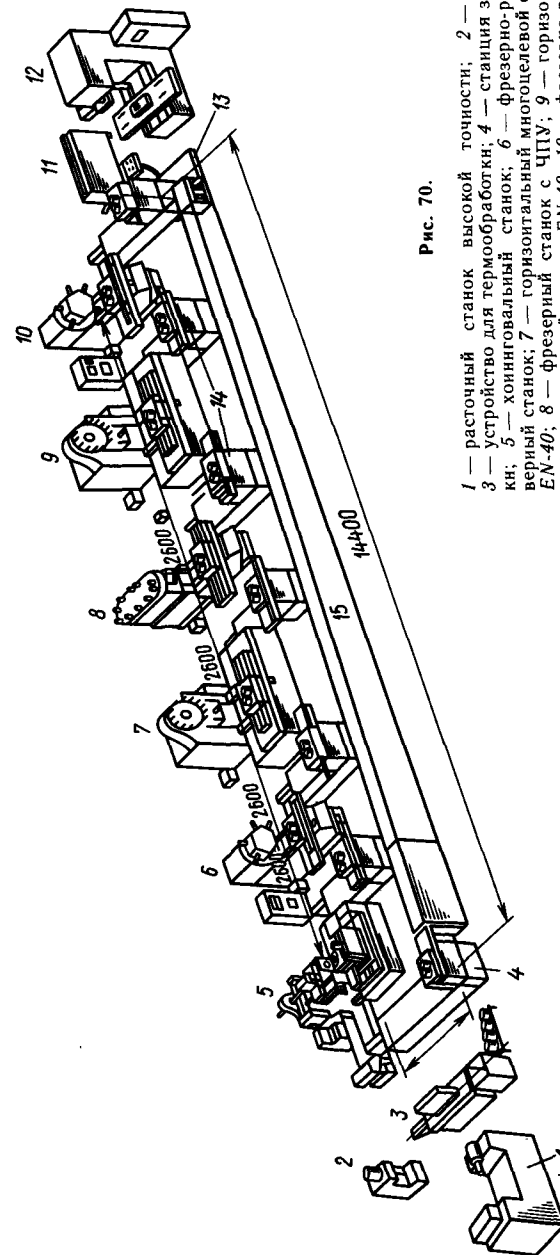


Рис. 70.

1 — расточный станок высокой точности; 2 — пресс; 3 — устройство для термообработки; 4 — станция загрузки; 5 — хонинговальный станок; 6 — фрезерно-револьверный станок; 7 — горизонтальный многоцелевой станок EN-40; 8 — фрезерный станок с ЧПУ; 9 — горизонтальный многоцелевой станок EN-40; 10 — фрезерно-револьверный станок; 11 — манипулятор подачи спутников; 12 — вертикальный многоцелевой станок (обработка базовых поверхностей); 13 — станция загрузки; 14 — автоматические устройства замены спутников; 15 — ленточный транспортер

Наименование	Картеры для компрессоров кондиционеров (семь типов)
Форма и материал	Корпусные детали: чугунное литье
Максимальные габариты, мм	Ø 180, длина 170; масса 6 кг
Такт выпуска, мин	8, 250 изделий в день (размер партий 200 шт.)

Компоновочная структура ГПС приведена на рис. 70.

Состав основного оборудования

1. Два фрезерно-револьверных станка с ЧПУ (фирма «Хитати сэйки»).
2. Два горизонтально-фрезерных станка с ЧПУ (фирма «Хитати сэйки»).
3. Два горизонтальных многоцелевых станка (EN-40 фирмы «Нииката тэкко») с автоматическим инструментальным магазином на 30 инструментов.
4. Горизонтальный хонинговальный станок (фирмы «Тоё когё»). Возможно измерение параметров в процессе обработки с помощью пневматического микрометра.
5. Вертикальный многоцелевой станок для предварительной обработки заготовки с автоматическим инструментальным магазином на 20 инструментов.
6. Пресс и отделочно-расточный станок.

Состав транспортной подсистемы

1. Автоматические устройства для замены спутников установлены между станками, оборудованы гидравлическими приводами и работают синхронно с транспортными средствами.
2. Спутник (330×450 мм) удлиненной формы с замками спереди и сзади. Во время транспортирования спутники сгруппировываются и соединяются между собой с помощью замков и образуют единую цепь.
3. На каждый спутник устанавливают по две заготовки. Транспортирование осуществляется в направлении от позиции разгрузки к позиции загрузки.
4. Крепежные приспособления на спутниках изготовлены фирмой «Хитати сэйки».

Дополнительные замечания

1. Занято по четыре рабочих в смену (раньше было занято девять человек на 13 станках), производственная площадь сократилась на 20 % при той же производительности. Работа идет круглосуточно в три смены.
2. Точность размеров при обработке повысилась с 20 мкм до 5 мкм.
3. Время перехода от обработки одной партии деталей к обработке другой партии определяется временем замены ленты с программой и обычно занимает не более 30 мин.
4. Инструмент для предварительной обработки меняется один раз в два дня, а для чистовой обработки — ежедневно.

5. Так как станки дублируют друг друга, в случае выхода из строя одного станка в программу распределения работы вносят изменения, и работа продолжается на другом станке.

6. Важным фактором в условиях работы является сезонность (6 мес. в году работа идет с производительностью ниже обычной в три раза).

Разработка системы

Время разработки системы	6 мес.
Стоимость разработки, млн. иен	Парк нового оборудования с ЧПУ—110, транспортные средства — 12
Разработчик основного оборудования	«Хитати сэйки»

Состояние системы и перспективы развития

1. Эффективность системы заключается в расширении производства и сокращении обслуживающего персонала. Система автоматического транспортирования требует незначительных капиталовложений, поэтому ее эффективность очень высокая.

2. Нерешенными проблемами остаются повышение точности фиксирования спутника, организация переработки стружки, автоматизация загрузки и разгрузки и другие мероприятия.

3. ГПС будет развиваться в направлении расширения номенклатуры выпускаемых деталей: корпусов кондиционеров и других штампованных изделий.

Гибкая производственная система TOS-1 *

Основные сведения

Особенности системы Переналаживаемая автоматическая линия для обработки деталей типа тел вращения со станками с прямым числовым управлением типа CNC.

* См. [19].

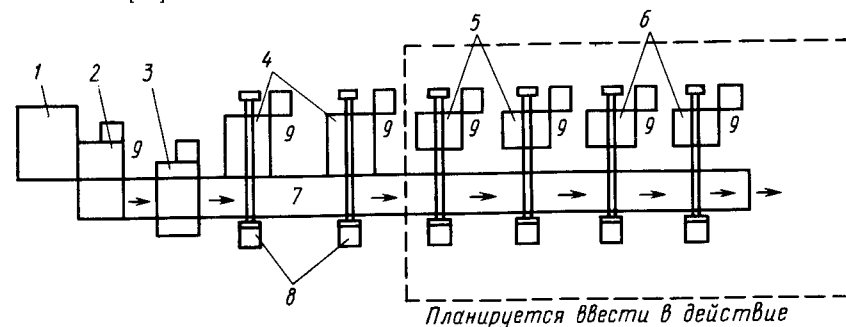


Рис. 71.

1 — накопитель заготовок; 2 — отрезной станок; 3 — станок для торцевания и центrovания; 4 — токарные станки с ЧПУ типа CNC; 5 — фрезерные станки с ЧПУ типа CNC; 6 — шлифовальные станки с ЧПУ типа CNC; 7 — транспортер; 8 — загрузочные манипуляторы; 9 — ЧПУ

Фирма-пользователь	«Тосиба дэнки» (завод в Миэ)
Год начала эксплуатации	1976
Обрабатываемые изделия:	
Наименование	Валы двигателей (200 типов в месяц)
Форма и материал	Детали типа тел вращения: S40C, S45C, SUS420, SUS430, SCM1, SCM2, SCM3
Максимальные габариты, мм	Ø 7—65, длина 200—800; масса до 22 кг
Размер партий, шт	1—100

Компоновочная структура ГПС TOS-1 приведена на рис. 71.

Состав основного оборудования

1. Отрезной станок с ЧПУ типа CNC. Зажимным устройством управляет система ЧПУ «Тоснук 300-P1».
2. Станок для торцевания и центрования с ЧПУ типа CNC. На этом станке отрезанный пруток фрезеруется с двух сторон и одновременно с двух сторон засверливается. Процессом управляет система ЧПУ «Тоснук 300-L1». Имеются устройство для контроля предельной величины обработки (по длине) и устройство для контроля износа сверла.
3. Два токарных станка с ЧПУ типа CNC, оборудованных автоматическими кулачковыми патронами, автоматическими центрирующими устройствами и средствами зажима и компенсации износа инструмента (резца). Для системы ЧПУ использованы устройства «Тоснук 300-L1».
4. Два фрезерных станка с ЧПУ типа CNC для фрезерования канавок под шпонки. Для системы ЧПУ использованы устройства «Тоснук 300-M1».
5. Два шлифовальных станка с ЧПУ типа CNC для обработки цапф. Для системы ЧПУ использованы устройства «Тоснук 300-M1».

Состав транспортной подсистемы

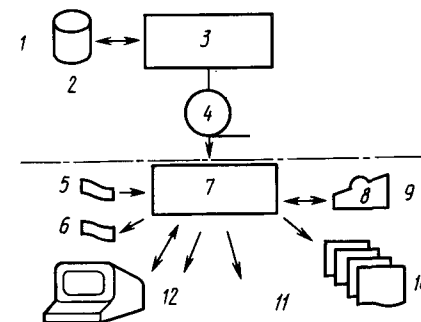
1. Асинхронный транспортер.
2. Загрузку заготовки с транспортера в станок выполняют автоматические манипуляторы, находящиеся в зоне каждого станка. Применяются манипуляторы двух типов: каскадного и возвратно-поступательного. Манипуляторы каскадного типа используются на торцевальном и токарных станках. По сигналам системы ЧПУ манипулятор захватывает заготовку и переворачивает ее. У возвратно-поступательных манипуляторов имеются два рычага, и переворачивают заготовку они по принципу опрокидывания.

Дополнительные замечания

1. Производительность повысилась в пять раз.
2. Передача данных для систем ЧПУ осуществляется на магнитных лентах. В случае необходимости возможна передача данных на перфолентах.
3. При переходе от одной партии заготовок к другой в производственное задание автоматически вносятся изменения параметров: формы заготовок, диаметра, длины и др.

Рис. 72.

1 — планирование производства * данные об инструменте * данные о станках * условия обработки * производственное задание * управление транспортом; 2 — файлы данных; 3 — главная ЭВМ; 4 — магнитная лента; 5 — дополнительные данные для системы ЧПУ; 6 — текущие данные для системы ЧПУ; 7 — «Тосбак 40С»; 8 — печатающее устройство; 9 — редактирование данных для ЧПУ * дополнения к производственному заданию * редактирование производственного задания; 10 — производственная информация * информация о выполнении технологических операций * сообщение о ресурсе инструментов * информация о завершении этапов обработки * сообщения о сбоях; 11 — управление подачей заготовок; 12 — система ЧПУ



4. Возможна обработка единичных изделий.

Информационно-управляющая структура ГПС TOS-1 приведена на рис. 72.

Возможности системы прямого управления

1. Распределение управляющих программ по станкам с ЧПУ (максимальное количество станков — пять).
2. Редактирование и передача данных для станков с ЧПУ.
3. Контроль управляющих программ.
4. Подготовка расписаний загрузки станков.
5. Контроль ресурса инструмента.
6. Ввод данных с клавиатуры.
7. Управление транспортными средствами.

ЭВМ и периферийное оборудование

1. ЭВМ «Тосбак-40С» для системы ЧПУ. Внешняя память на магнитных дисках 2,4 М байт.
2. Устройство для ввода данных с перфоленты, перфоратор, печатающее устройство.

Характеристики ПМО

1. Структура системы ЧПУ типа CNC такова, что операции редактирования, коррекции и исключения данных выполняются очень легко.
2. Повышение надежности передачи информации к устройствам ЧПУ обеспечивается отсутствием магнитной ленты.
3. Упрощен учет результатов работы, рационализирован контроль за технологическим процессом и инструментом.
4. Организация канала связи управляющей ЭВМ с мини-ЭВМ TLCS-12A (на станках) обеспечивает сокращение объема линий производной связи.

Фирменное наименование программного обеспечения «Система 2000С»

Время разработки системы один год
Разработчик основного оборудования фирма «Тосиба дэнки».

Состояние системы и перспективы развития

Срок службы инструмента в системе повышается, следовательно, повышается точность обработки. Технология разработана так, что для инструмента созданы оптимальные условия работы, предотвращающие его поломку. Нерешенной проблемой остается автоматизация замены инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система ЧПУ «Типрос» фирмы «Тоёда». — Тоёта гихо, 1972, т. 13, № 4.
2. Гибкая технологическая линия с многоцелевыми станками. — Бокуя фурайсу сэйсакудзё.
3. Гибкая технологическая линия с самонастраиваемыми многоцелевыми станками. — Бокуя фурайсу сэйсакудзё.
4. «Типрос». — Кикай гидзюцу, 1973, т. 21, № 1.
5. Судзуки. Гибкая технологическая линия с самонастраиваемыми многоцелевыми станками. — Кикай гидзюцу, 1973, т. 21, № 1.
6. Тодороки. «PARTS CENTER». — Кикай гидзюцу, 1973, т. 21, 1.
7. Иmano. ГПС «Мастер 101». — Кикай гидзюцу, 1973, т. 21, № 1.
8. ГПС с системой числового программного управления. — Окума тэккодзё. Совет по содействию развитию технологии, 1973.
9. Яно. Программное обеспечение технологической линии с ЧПУ. — Сэйки гидзюцу ньос, 1974, 71.
10. Хага. Система ЧПУ «Типрос». — Тоёта гихо, 1974, т. 15, № 1.
11. S. Inaba. «Direct Numerical Control System with Robots». — Annals of the CIRP, v 23/2, 1974.
12. Фудзицу Фанук. Роботизированная система с ЧПУ. — Совет по содействию развитию технологии, 1974.
13. Санбу — Ханзюэру. Технологическая линия с управлением от ЭВМ. — Совет по содействию развитию технологии, 1974.
14. «Типрос». — Тоёта гихо, 1975, т. 16, № 1.
15. Санъя. Система ЧПУ для восьми многоцелевых станков. — Кикай гидзюцу, 1977, т. 25, № 1.
16. Оoиси. Система ЧПУ для многономенклатурного мелкосерийного производства. — Кикай гидзюцу, 1977, т. 25, № 5.
17. Высокоточная обработка малых серий деталей большой номенклатуры. — Кикай гидзюцу, 1977, т. 25, № 5.
18. Исимаку гихо, 1977, т. 17, № 6.
19. Цутия. Разработка новой системы ЧПУ. — Оё кикай когаку, 1977, ноябрь.
20. Утида. ГПС для обработки цилиндров. — Сэйки гидзюцу ньос, 1977, № 12.
21. Линия по обработке деталей типа тел вращения. — Сэйки гидзюцу ньос, 1977, № 12.
22. Танака. Разработка системы для обработки осей и колес подвижного состава по безлюдной технологии. — Сумитомо киндзюку когё, 1977, т. 29, № 1.
23. Сато. Стандартизация и система измерений. — Кикай гидзюцу, 1978, т. 26, № 2.
24. Кикай гидзюцу, 1977, т. 25, № 7, с. 48—52.
25. Система ЧПУ для обработки среднегабаритных деталей. — Тоёта коки гихо, 1979, т. 20, № 3.
26. Сакакибара. Роботизированная система для безлюдной технологии. — Кикай гидзюцу, 1979, т. 27, № 6.
27. Уматори. Многоцелевые станки для систем, работающих по безлюдной технологии. — Оё кикай когаку, 1979, декабрь.

28. Building diesels by the million. — American Machinist, April, 1979.
29. Такэхаси. Образцы оборудования для ГПС. — Сессия подкомитета А1 технологического совета, 1979.
30. Такаяма. Действующие системы ЧПУ в многономенклатурном мелкосерийном производстве. — Кикай гидзюцу, 1980, т. 28, № 1.
31. Внедрение системы ЧПУ в производство деталей для швейных машин на заводе фирмы «Бурадза когё». — Общество японских инженеров-механиков, 1980, 5, 26.
32. ГПС для обработки валов. — Общество японских инженеров-механиков, 1980, 7, 7.
33. Система для автоматизированной обработки валов. — Кикай сэккэй, 1980, т. 24, № 8.
34. Flexible Manufacturing can work! — The Production Engineer, 1980 July/August.
35. Морибу. Развитие интегрированных производственных систем. — Кикай гидзюцу, 1980, т. 28, № 9.
36. Мисава. Линия автоматической обработки корпусов швейных машин. — Бурадза гихо, 1980, № 7.
37. Управление производством на технологической линии с ЧПУ. — Кикай гидзюцу, 1980, т. 28, № 14.
38. ГПС для производства чугунных и стальных деталей на заводе фирмы «Мурата». — Общество японских инженеров-механиков, 1981, 3, 2.
39. ГПС для производства крупногабаритных деталей на заводе в Фудзи фирмы «Фудзицу фанук». — Общество японских инженеров-механиков, 1981, 3, 2.
40. Ямада. Круглосуточная работа по безлюдной технологии. — Масинисутто, 1981, т. 25, № 3.
41. Технологическая линия с ЧПУ фирмы «Фудзи дэнки». — Маркетинг, 1981, апрель.
42. Роботизированная производственная линия фирмы «Фанук». — Маркетинг, 1981, апрель.
43. Мидзусима. Безлюдное производство деталей для подвижного состава на заводе фирмы «Сумитомо киндзюку». — Кодзё Канри, 1981, т. 27, № 4.
44. Производственная система «Тосиба-тангарой». — Маркетинг, 1981, апрель.
45. Японские системы ЧПУ. — Маркетинг, 1981, апрель.
46. Санбу-ханзюэру: гибкая обрабатывающая линия. — Маркетинг, 1981, апрель.
47. Средства автоматизации «Типрос». — Маркетинг, 1981, апрель.
48. Есида. Крупногабаритные многоцелевые станки для ГПС. — Оё кикай когаку, 1981, май.
49. Завод-автомат фирмы «Фудзицу фанук» в Фудзицу с гибкими производственными модулями и роботами. — В кн.: «Настоящее и будущее ГПС», 1982.
50. Организация потока заготовок в ГПС. — Масинисутто, 1981, т. 25, № 5.
51. Организация автоматической подачи сырья в ГПС на заводе фирмы «Мурата». — Общество японских инженеров-механиков, 1981, 5, 25.
52. Мурамацу. Применение токарных станков с ЧПУ. — Масинисутто, 1981, т. 25, № 6.
53. Инструментальное хозяйство в действующих ГПС. — 519 научно-производственное совещание по механообработке, 1981.
54. Untended Machines Build Machines. — American Machinist, June, 1981.
55. Система ЧПУ для промышленного робота. — Масинисутто, 1981, т. 25, № 7.
56. Мицуюко. Гибкие технологические линии и ГПС. — Сессия подкомитета А1 технологического совета, 1981.
57. Инаи. Действующие роботизированные токарные станки. — Масинисутто, 1981, т. 25, № 7.
58. Еизмото. Автоматизация механообработки. — Масинисутто, 1981, т. 25, № 7.
59. ГПС для обработки гребных винтов фирмы «Накасима». — Общество японских инженеров-механиков, 1981, 7, 6.
60. Система автоматизированной транспортировки при производстве круп-

ногабаритных деталей для бульдозеров.— 519 научно-производственное совещание по механообработке, 1981.

61. **Организация** замера параметров в системе «Типрос».— Сессия подкомитета А1 технологического совета, 1981.

62. **Основные** направления развития механообработки.— Масинисутто, 1981, т. 25, № 8.

63. **Программа** автоматизации производства.— Общество японских инженеров-механиков, 1981, 8, 17.

64. **Основы** внедрения ГПС на действующих предприятиях в Японии.— Общество японских инженеров-механиков, 1981, 8, 17.

65. **Простая ГПС**, сокращающая обслуживающий персонал на 60 %.— Маркетинг, 1981, октябрь.

66. **Сунами**. Обработка деталей дизелей в системе с ЧПУ.— Кикай гидзюцу, 1981, т. 29, № 10.

67. **Накаси́ма**. Релейная система управления подачи заготовок.— Оё кикай когаку, 1981, октябрь.

68. **ЧПУ** и система энергетического обеспечения.— Оё кикай когаку, 1981, октябрь.

69. **Безлюдная** технология с системой ЧПУ.— Сессия подкомитета А2 технологического совета, 1981.

70. **ГПС** с числовым программным управлением для производства головок цилиндров.— В кн.: «Новейшие ГПС», 1981.

71. **ГПС**: высокая производительность и низкие затраты.— Сангё симбун, 1981, 10, 27.

72. **Оомори**. Безлюдная система транспортирования на технологической линии механообработки.

73. **Комура**. ГПС фирмы «Мурата кикай».— В кн.: «Новейшие ГПС», 1981.

74. **Системы**, повышающие производительность.— Маркетинг, 1981, декабрь.

75. **Способы** обработки стружки при работе по безлюдной технологии (обработка головок цилиндров).— Кикай гидзюцу, 1981, т. 29, № 12.

76. **«Тосиба кикай»**: система для высокоточной обработки в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства.— Совет по содействию развитию технологии, 1981.

77. **Система** для высокоточной обработки в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства.— «Тосиба-тангарой», 1981.

78. **Оомори**. Внедрение ГПС и значение измерительных устройств.— Кикай гидзюцу, 1982, т. 30, № 1.

79. **Обработка** деталей швейных машин специальным оборудованием, разработанным фирмой самостоятельно.— Кикай гидзюцу, 1981, т. 30, № 1.

80. **Обработка** головок цилиндров в произвольном порядке.— Кикай гидзюцу, 1982, т. 30, № 1.

81. **Оомори**. Организация потока заготовок с помощью системы транспортирования.— Кикай гидзюцу, 1982, т. 30, № 1.

82. **Линия** с системой ЧПУ по обработке валов.— Кикай гидзюцу, 1982, т. 30, № 1.

83. **Косима**. ГПС и обрабатываемые модули.— Кикай гидзюцу, 1982, т. 30, № 1.

84. **Симамото**. Применение серийных многоцелевых станков и технологической линии с ЧПУ.— Кикай гидзюцу, 1982, т. 30, № 1.

85. **Технология** гибкого производства.— Кэйсоку то сэйгё.— 1982, т. 21, № 1.

86. **Система** безлюдного транспортирования.— Ниппой юсоки, 1982, февраль.

87. **Система** автоматического транспортирования в ГПС.— Масинисутто, 1982, т. 26, № 3.

88. **Накая**. Технологическая линия по обработке валов двигателей.— Оё кикай когаку, 1982, март.

89. **Автоматическая** подача и съём заготовок.— Масинисутто, 1982, т. 26, № 3.

90. **Компоновка ГПС**.— Оё кикай когаку, 1982, март.

91. **Гибкая** производственная система на заводе в Фудзи.— Оё кикай когаку, 1982, март.

92. **Система** «Сэйки продакшн мастер».— Оё кикай когаку, 1982, март.

93. **Интегрированная** производственная система фирмы «Тоёда».— Оё кикай когаку, 1982, март.

94. **Система** для обработки головок цилиндров.— В кн.: «Настоящее и будущее ГПС», 1982.

95. **Обработка** деталей металлорежущих станков на гибком обрабатывающем заводе.— симпозиум, 1982.

96. **ГПС «МС-1»** с семью многоцелевыми станками.— Масинисутто, 1982, т. 26, № 6.

97. **Применение** многоцелевых станков в ГПС фирмы «Окума» для производства деталей металлорежущих станков.— Общество японских инженеров-механиков, 1982, 6, 7.

98. **Computer Controlled Manufacturing System for Varied Small Parts**.— Prod. Eng. Dept. Komatsu Ltd, 1982.

В первом параграфе этой главы анализируется состояние развития ГПС Японии с учетом современного уровня и перспектив совершенствования многоцелевых станков и программного обеспечения. В этом же параграфе изложены основные перспективы развития и дан анализ действующих ГПС: гибкости, масштабов производства, организации транспорта. П. 2.2 в основном посвящен сравнению японских систем с зарубежными. В п. 2.3 продолжен анализ зарубежных систем с точки зрения технологии, причем основное внимание уделено обрабатываемому оборудованию, основу которого составляют многоцелевые станки. Изучению структуры программного обеспечения ГПС посвящен п. 2.4.

2.1. СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ГПС В ЯПОНИИ

В условиях средне- и мелкосерийного производства особенно важны высокая производительность и гибкость, поэтому одной из главных проблем является постоянное совершенствование технологии. В последние годы ГПС развиваются очень бурно. Внедрению ГПС способствует появление большого разнообразия нестандартного оборудования, требующегося в системах. Поскольку объектами обработки стало множество типов заготовок, появилось много различных типов систем: наиболее разнообразны системы для автоматической обработки резанием, системы для обработки листового металла, сборочные системы и даже целые заводы-автоматы. Первоначально в термин ГПС вкладывали смысл, заключающийся в автоматизации производства — весьма обобщенном понятии, включающем в себя стремление совместить повышение производительности и гибкости. Если провести сопоставительный анализ технологического содержания этих производственных систем и исследование технологии заводского производства вплоть до сборочного отделения, будет обнаружено много спорных моментов в технологическом обеспечении, но необходимость применения ГПС и не может решаться однозначно. Например, в США гибкие производственные системы в первую очередь создаются для производств, связанных с обработкой металлов резанием.

Внедрение ГПС идет очень активно, так как на современных предприятиях основная доля загрузки приходится именно на обработку резанием. Чтобы повысить эффективность технологии, происходит постоянный поиск оптимальных решений. В Японии развитие технологии за короткий период прошло через такие этапы, как групповая технология,

активное внедрение металлорежущих станков с ЧПУ, систем прямого числового управления, многоцелевых станков. Сейчас, когда имеется богатый опыт в области технологии, используются промышленные роботы, высоко развит технологический транспорт и постоянно совершенствуется вычислительная техника, развитие ГПС сдерживается операционной технологией.

Автоматизация систем обработки металлов резанием преследует две цели: повышение производительности и обеспечение необходимой гибкости. Объединение этих целей на технологической основе взаимообогащает их и значительно увеличивает число областей применения ГПС. Именно такие системы называются в этой книге гибкими производственными системами. Из множества ГПС выбраны наиболее характерные примеры систем с наиболее ярко выраженными особенностями, а их характеристики подобраны так, что читатель легко может провести сравнительный анализ. Читателю предоставляется возможность самому, исходя из собственного понимания проблемы, сформулировать конкретные выводы из общих представлений, читая только то, что его интересует. Но все же многие примеры подробно проанализированы, приведено обсуждение современного состояния, тенденций развития, что необходимо для более глубокого понимания вопроса. Мы будем рады, если нам удалось помочь читателям сделать выводы из проведенного анализа.

Общие сведения о ГПС. Системы, предназначенные для обработки резанием деталей многих типов, называют ГПС. В этой книге собраны весьма разнообразные системы: от обычных серийных производств, оснащенных межоперационным транспортом, до так называемых обрабатывающих модулей, так как очень трудно дать четкое определение термину ГПС. Поскольку у термина ГПС очень широкий смысл, точное понимание его зависит от толкования, и основан он на определении типичных элементов, составляющих основу системы.

Итак, ГПС — это производственная система по обработке металлов резанием, сочетающая в себе высокую производительность и переналаживаемость, в которой основными объектами автоматизации являются не только процесс обработки, но и межоперационный транспорт, средства манипулирования заготовкой и средства контроля и регулирования. Кроме того, в связи с гибкими производственными системами рассматриваются следующие основные направления.

1. Гибкие обрабатывающие модули. Это автономные станки с ЧПУ (часто называемые многоцелевыми станками или обрабатывающими центрами), оборудованные автоматическими инструментальными магазинами и автоматическими устройствами для замены спутников, оснащенные накопителями спутников, работа в которых чаще всего идет по «безлюдной» технологии. Обычно автоматические устройства для замены спутников бывают объединены с накопителями спутников.

2. Участки из гибких обрабатывающих модулей. Это системы, состоящие из нескольких обрабатывающих модулей, между которыми нет связи автоматическим межоперационным транспортом. Каждая отдельная заготовка независимо обрабатывается на одном модуле, и передача в другой модуль для последующей обработки не организована.

3. ГПС — это связанные автоматическим транспортом в обрабатывающую станочную группу несколько металлорежущих станков с ЧПУ. Обработка и межоперационная транспортировка заготовок осуществляются в автоматическом режиме с управлением от ЭВМ. Технологический маршрут движения любой заготовки может быть при этом изменен.

4. Гибкая автоматическая линия с межоперационным транспортом. Это группа обрабатывающих станков, объединенных автоматическим межоперационным транспортом с заданным маршрутом перемещений, в которой возможна обработка заготовок определенной номенклатуры. В такой системе применяются станки с ЧПУ со сменными многошпиндельными коробками, что повышает производительность и гибкость системы.

При распределении систем на эти четыре группы основное внимание уделяется форме и степени автоматизации процесса управления потоком заготовок. Это обычный принцип классификации, и на нем основан анализ систем. Если принять во внимание эту классификацию, то к ГПС нужно отнести маломасштабные системы из обрабатывающих модулей, объединенных промышленным роботом. Вероятно, причисление гибких обрабатывающих модулей к ГПС в широком смысле этого термина выглядит проблематичным. Авторы считают, что участки из двух-трех гибких производственных модулей относиться к ГПС также не могут. Масштаб системы имеет большое значение. В последнем случае мы имеем дело с ячейкой, а не с системой.

3. Классификация ГПС по форме обрабатываемых деталей

Форма деталей		Количество соответствующих систем
Некруглая форма	Корпусные детали	48, в т. ч. 6 — специализированных
	Детали типа валов	9
Круглая форма	Детали типа фланцев	3

Основная классификация. В табл. 3 дана классификация всех 60 рассматриваемых систем по форме обрабатываемых изделий. Среди изделий некруглой формы преобладают так называемые корпусные детали. Шесть систем предназначены для обработки изделий типа клапанов.

В указанные в таблице количества вошли не все работающие в Японии ГПС, а лишь только те, которые рассматриваются в данной книге. Но и по этим примерам вполне можно составить представление о положении дел с ГПС в Японии.

В табл. 4 представлено распределение всех ГПС, рассматриваемых в гл. 1, по основным типам. В дальнейшем для удобства при анализе и классификации будем рассматривать только 53 ГПС, исключив специальные частные примеры № 33, 41, 42, 43, 58, 59 и 60 (см. табл. 1). Среди систем, предназначенных для обработки деталей некруглой формы, 29 систем — это типичные ГПС (69 %), 4 системы представляют собой

4. Распределение ГПС по основным типам

Тип ГПС	Количество систем	
	для обработки корпусных деталей	для обработки деталей типа тел вращения
Участки из обрабатывающих модулей	4	1
Типичные ГПС (для мелкосерийного и серийного производства)	29	8
Гибкие автоматические линии	9	2

участки с гибкими обрабатывающими модулями, и 9 систем — это гибкие автоматические линии. Приведен только один пример системы (38), которая представляет собой автоматизированный завод. Дело в том, что все еще проблематичным остается объединение нескольких систем в одну. Но именно к этой группе следует отнести еще две системы, предназначенные для обработки изделий типа тел вращения, которые составлены из многоцелевых и токарных станков. Кроме этих трех систем для обработки изделий типа тел вращения предназначены еще восемь типичных ГПС (73 %). Из приведенных количественных соотношений следует, что типичные ГПС составляют основу в гибком производстве.

ГПС в Японии внедрялись неравномерно. Как шло внедрение, можно проследить по тем же 53 системам. Из рис. 73 становится ясно, что начиная с 1979 г. число внедренных систем резко возрастает. Среди систем, внедренных с 1982 г., не учтены две системы, которые вероятно будут внедрены до конца года. В период с 1979 по 1982 гг. внедрение ГПС шло небывалыми темпами.

Начиная с 1972 г. количество внедренных систем постоянно наращивается. Если тщательно проанализировать приведенные примеры, то

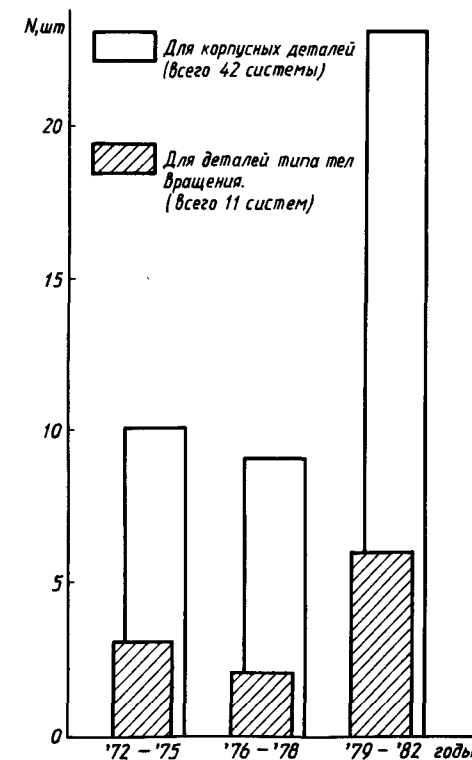


Рис. 73. Внедрение ГПС (N, шт.) с 1972 г. по 1982 г.

5. Уровни автоматизации ГПС

Уровень автоматизации	Транспортирование к станку		Загрузка в станок с автоматическим инструментальным магазином		Число систем	
	заготовок	инструмента	заготовок	инструмента	для корпусных деталей	для деталей типа тел вращения
0					0	0
1	да				0	0
2			да		4	1
3	да	да			3	1
4	да		да		26	8
5	да	да	да		3	1
6	да	да	да	да	0	0

среди систем, относящихся к начальному и среднему периодам 1972—1975 и 1976—1978 гг., будут в основном уникальные по своей структуре и маломасштабные системы.

Классификация систем по уровню автоматизации приведена в табл. 5. Гибкие производственные системы для обработки металлов резанием предназначены для выполнения технологических операций, транспортировки к станкам заготовок и инструмента, загрузки в станок заготовок, а инструмента — в автоматический инструментальный магазин. Системы классифицируются в зависимости от того, автоматизированы или неавтоматизированы эти функции. Естественно, в любой ГПС операция обработки заготовки автоматизирована, и классификация по уровню автоматизации проводится с учетом автоматизации остальных функций. Из табл. 5 следует, что все системы имеют уровень автоматизации выше первого.

Второй уровень автоматизации имеют пять систем. Любой участок с гибкими обрабатывающими модулями имеет такой уровень автоматизации. Третий уровень, предполагающий автоматизацию подачи заготовок и инструмента в зону станка, имеют четыре системы. Если у станка такой системы имеется автоматический инструментальный магазин, его замена осуществляется вручную. Особенностью этих четырех систем является наличие в них одной транспортной тележки, применяемой для подачи и заготовок, и инструмента.

Четвертый уровень предполагает автоматизацию подачи заготовки и загрузки ее в станок. Транспортировка инструмента и замена автоматического инструментального магазина производятся вручную. Гибких производственных систем с таким уровнем автоматизации — 26 для обработки корпусных изделий (72 % от всех 36 систем для таких деталей) и 8 для обработки деталей типа тел вращения (73 % от 11 систем). Типичные ГПС и гибкие автоматические линии относятся к группе систем с четвертым уровнем автоматизации. При пятом уровне предполагается еще и автоматизированная подача инструмента в зону станка. Таких систем немного — всего четыре. Среди рассмотренных систем нет таких,

которые имели бы уровень автоматизации 6, т. е. были бы полностью автоматизированы.

Таким образом в Японии ГПС развиваются в следующих направлениях:

1. Автоматизация транспортирования и манипулирования заготовкой (спутником).
2. Автоматизация транспортирования и манипулирования рабочим инструментом, что, впрочем, с самого начала было условием внедрения многих систем.
3. Совмещение в одной системе обработки корпусных деталей и деталей типа тел вращения.

6. Распределение ГПС по типам обрабатываемых изделий

Изделие	Обрабатываемые детали	Количество систем
Дизели	Головки блоков, корпуса цилиндров, картеры	10
Детали металлорежущих станков	Шпиндельные головки, стойки, каретки, станины, основания	7
Трансмиссии	Корпуса, акселераторы, корпуса коробок передач	6
Компрессоры	Картеры, корпуса	6
Насосы, клапаны	Седла, корпуса	4

Обрабатываемые изделия. В ГПС обрабатывают изделия многих типов. Характерной для них является возможность введения в цикл обработки единичной заготовки. В табл. 6 показано, как все системы делятся на пять групп по возможности обработки корпусных изделий: для деталей дизельных двигателей — десять систем, для деталей металлорежущих станков — семь систем, для трансмиссий — шесть систем, для деталей компрессоров — шесть систем и для клапанов насосов — четыре системы. Всего на пять групп приходится 33 системы, но, естественно, в Японии уже сейчас сложился более широкий диапазон применения систем для обработки различных деталей.

Важно проанализировать обрабатываемые изделия в зависимости от их габаритов. На рис. 74 показано распределение систем по максимальным габаритам обрабатываемых корпусных деталей. 72 % систем

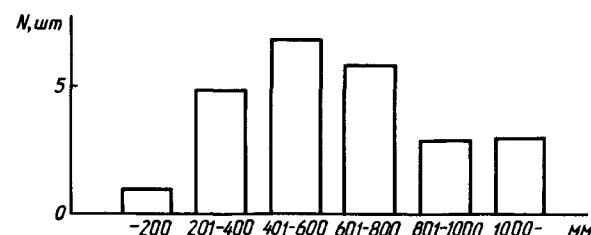


Рис. 74. Распределение ГПС по максимальным габаритам обрабатываемых деталей (всего 24 системы: N, шт.)

предназначено для обработки изделий с габаритными размерами 200—800 мм, причем большинство систем могут обрабатывать изделия размером 400—600 мм. Следует заметить, что для японских систем, предназначенных для обработки корпусных изделий, наиболее характерна обработка деталей с максимальными габаритными размерами 500 мм. Следует отметить, что имеется вполне достаточно систем (по три в каждой группе) для обработки крупногабаритных изделий размером более 800 и даже более 1000 мм.

Если обратить внимание на связь между типом ГПС и габаритными размерами обрабатываемых заготовок, то обнаруживается следующая тенденция: заготовки до 400 мм в основном обрабатываются на гибких автоматических линиях, а заготовки более 400 мм — в основном на участках из гибких обрабатывающих модулей и в типичных ГПС.

Масштабы ГПС. О масштабе ГПС судят по количеству входящих в нее обрабатывающих станков. На рис. 75 показана классификация по масштабам ГПС. Нами рассмотрено восемь примеров систем с 13 станками и более. Многие системы включают 4—12 станков. К категории таких систем можно отнести так называемые маломасштабные ГПС. Естественно, к этой категории относятся и гибкие обрабатывающие модули, что совпадает с принципами классификации европейских и американских примеров ГПС. Если из-за спорной принадлежности маломасштабных ГПС к типичным ГПС исключить их из классификации, то следует считать, что больше всего существует ГПС с 4—6 станками.

Здесь приведено восемь примеров систем, состоящих из 13 и более станков. Шесть таких систем были внедрены после 1979 г. В основном это — гибкие автоматические линии с межоперационным транспортом, участки из гибких обрабатывающих модулей и только две системы — типичные ГПС. Если из всего количества ГПС выделить как маломасштабные, так и крупномасштабные ГПС, рассматривая их как экстремальные случаи, то среди типичных ГПС наиболее распространены системы с 4—9 станками.

Среди ГПС для обработки деталей типа тел вращения можно заметить другие тенденции. Наибольшее количество систем имеют 4—6 станков, а систем с 13 станками и более, вообще, нет. Это можно объяснить тем, что по сравнению с корпусными деталями форма деталей типа тел вращения значительно проще, и требуется небольшое число операций.

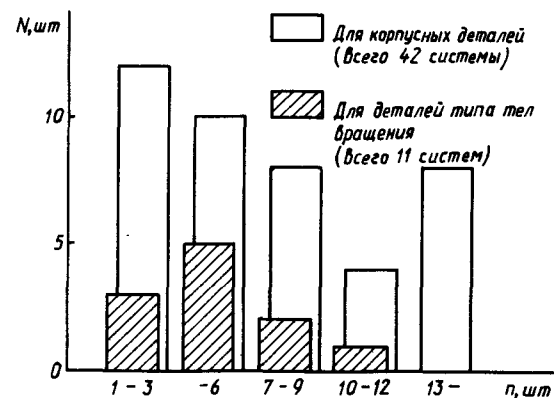


Рис. 75. Количество станков (n, шт.), встраиваемых в различные ГПС (N, шт.)

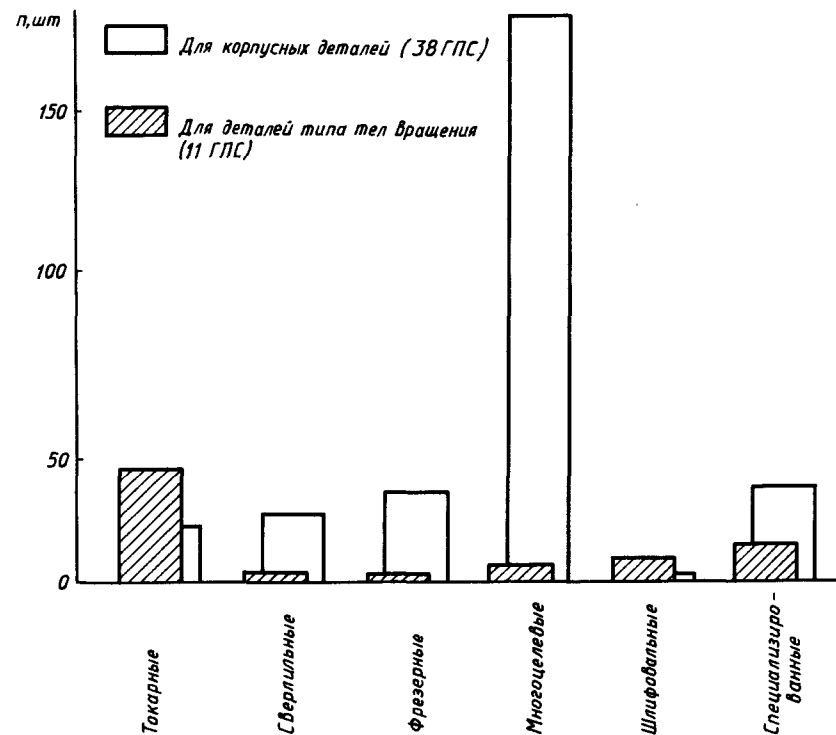


Рис. 76. Станки, встраиваемые в ГПС и их количество (n, шт.)

В состав ГПС входит много металлорежущих станков различных типов. На рис. 76 показаны станки различных типов, применяемые в 49 из 53 систем. Из 280 станков, работающих в системах для обработки корпусных деталей, 180 (64 %) многоцелевых станков, по 20 (7 %) специализированных сверлильных и фрезерных станков. В системах для обработки деталей типа тел вращения работают 63 станка, из которых 36 станков (57 %) — токарные, 12 станков (19 %) — специальные, 7 станков (11 %) — шлифовальные. Совершенно очевидно, что основу станочного парка ГПС для обработки корпусных деталей составляют многоцелевые станки, а ГПС для обработки деталей типа тел вращения — токарные станки. И те, и другие применяются примерно в одинаковом соотношении на уровне 60 %.

Гибкость. Гибкость системы — это комплексное понятие. Первоначально оно включало в себя переналадку оборудования на основе управляющих программ для станков с ЧПУ, подготовленных комплектов инструмента, организационно-технической подготовки и планирования производства и т. д. Поэтому для определения гибкости всегда требуются обобщенные выводы из результатов сложных рассуждений. И в настоящее время затруднительно дать четкое определение гибкости даже в пределах описанных примеров. Понятия, вкладываемые в смысл гибкости, бывают

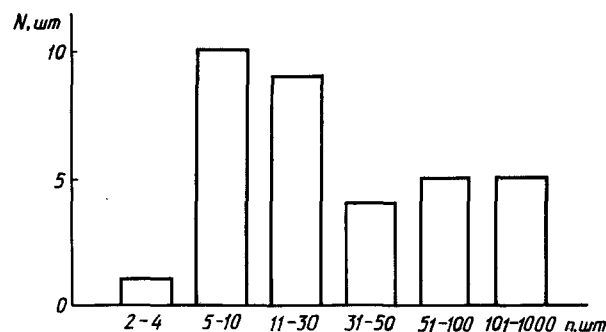


Рис. 77. Распределение ГПС (N , шт.) по числу типов обрабатываемых корпусных деталей (n , шт.) (всего 34 системы)

противоречивы, и всегда необходим индивидуальный подход. Но наиболее обобщающим фактором при сравнениях можно считать гибкость компоновочной структуры. Системы, предназначенные для обработки корпусных деталей, можно еще характеризовать количеством типов обрабатываемых деталей и размерами партий запуска.

Классификация систем по количеству типов обрабатываемых изделий показана на рис. 77. В большинстве систем обрабатывается от 5 до 30 деталей, но есть 14 примеров систем, в которых идет обработка более 31 детали. Ясно, что сейчас системы развиваются в направлении увеличения количества типов обрабатываемых деталей. Давайте проведем анализ размеров партий обрабатываемых изделий. Известно, что при изменении партии обрабатываемых заготовок в системе очень трудно изменить технологию обработки. Поэтому при разработке большинства ГПС основным показателем является размер партии заготовок, которые будут обрабатываться в системе. Этот анализ подтверждается рис. 78. Системы распределены в зависимости от размера средней партии запуска. Естественно, не учитываются временные изменения размера.

Из рис. 78 понятно, что наибольшее количество систем рассчитано на размер партий от 11 до 100 заготовок, причем большая часть систем

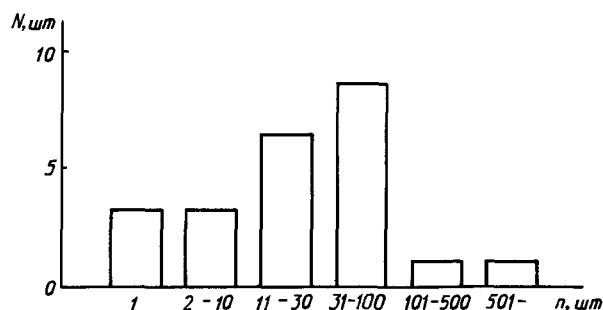
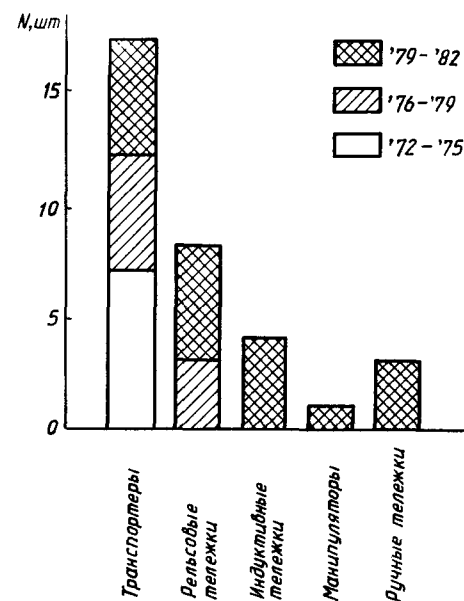


Рис. 78. Распределение ГПС (N , шт.) по размерам партий деталей (n , шт.) (всего 32 системы)

Рис. 79. Распределение ГПС (N , шт.) для обработки корпусных деталей по типам применяемого межоперационного транспорта (всего 34 системы)



рассчитана на размер партий от 31 до 100 заготовок. Количество систем, рассчитанных на обработку меньших партий, сокращается по экономическим соображениям. Нетрудно понять, что ГПС обеспечивает возможность обработки и меньших партий деталей, чем те, на которые она рассчитана, с учетом тех предварительных и финишных операций, которые в основном могут быть выполнены в ручном режиме. Поскольку таких примеров немного, оставим эту проблему открытой, чтобы не делать поспешных выводов. Здесь представлены шесть примеров ГПС, рассчитанных на обработку партий заготовок менее десяти штук. Очень важно отметить, что в трех системах возможна обработка единичных изделий.

Транспортные средства и организация потока заготовок. Основу ГПС, естественно, составляют станки с ЧПУ (преимущественно многоцелевые станки), которые дают различные возможности для обработки и зависят от автоматизации транспорта и процессов манипулирования заготовками. В последние годы, когда ГПС особенно бурно внедряются в производство, активное развитие получают индуктивные тележки*. Технология совершенствуется применением устройств ЧПУ, автоматических инструментальных магазинов, автоматических устройств замены спутников, а также развитием таких способов управления, как DNC/CNC.

На рис. 79 показано, как распределяются ГПС для обработки корпусных деталей по типам применяемых транспортных средств. На рисунке показаны и периоды внедрения. (Под транспортированием понимается подача заготовок от станка к станку). Можно выделить наиболее характерные черты каждого этапа развития:

1972—1975 гг.— применяются только транспортеры;

1976—1978 гг.— начинается применение рельсовых тележек;

1979—1982 гг.— внедряются индуктивные тележки, продолжается применение транспортеров и рельсовых тележек, в это время появляются случаи применения транспортирования в ручном режиме.

Таким образом, сейчас имеется несколько различных типов транспортных средств, из которых можно выбрать средства, наиболее подходящие

* Все виды автоматических тележек называют иногда робокарами.— Прим. редакции.

для каждой конкретной системы. Ручной транспорт применяется только на участках из гибких обрабатывающих модулей. На рис. 50 показан пример применения манипуляторов. Это гибкая автоматическая линия для обработки малогабаритных корпусных деталей. Манипулятор представляет собой автоматический штабелер, перемещающийся по подвесной траверсе. До сих пор так транспортировали исключительно детали типа тел вращения, сейчас этот способ применяется для корпусных деталей, что является уникальным.

Теперь несколько слов об организации потока заготовок. Поток заготовок в ГПС тесно связан с компоновочной структурой системы и является важной характеристикой системы. Наиболее простым способом определения потока является разложение его на составные элементы и выявление соподчиненности этих элементов. Существует много способов выявления типичных маршрутов. Для наглядности и облегчения понимания, какому же маршруту отдать предпочтение, обратимся к рис. 80, на котором изображены четыре типа потоков и восемь их разновидностей. Для каждого типа показан наиболее характерный рисунок. На рис. 81 изображено, как с годами развивалась организация потока. С самого

Основные типы		Примеры	Обозначения	
Линейный	Прямой		A ₀	A
	Параллельный		A ₁	
	Разветвленный		A ₂	
Замкнутый	Налетной		B ₀	B
	Сложный		B ₁	
	Разветвленный		B ₂	
Сетевой				C
Реверсивный				D

Рис. 80. Основные типы потоков деталей

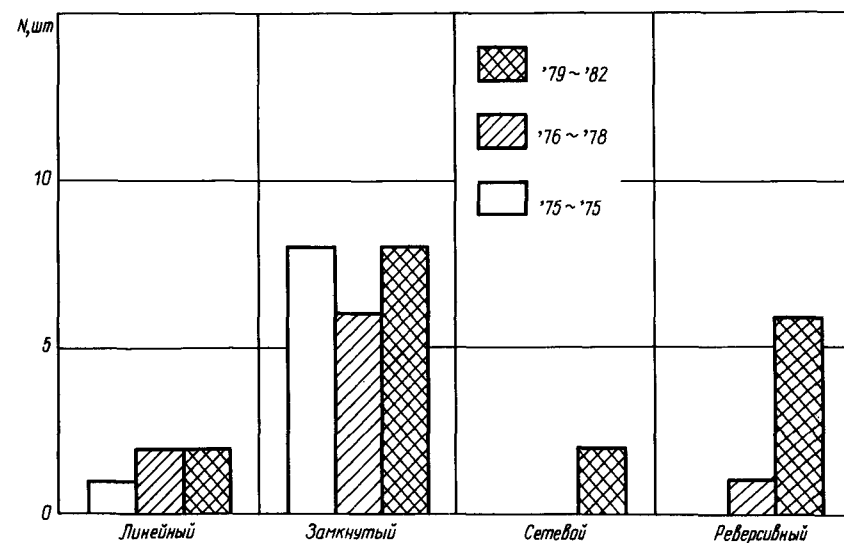


Рис. 81. Потоки деталей в системах (N, шт.) для обработки корпусных деталей (всего 37 систем)

появления ГПС и по настоящее время наиболее распространены замкнутые потоки. В последние годы возрастает количество «реверсивных» потоков. Организация такого потока предпочтительна в системах с рельсовыми тележками. Сетевой поток наиболее характерен для крупномасштабных систем с индуктивными тележками.

Результаты классификации. Здесь была проведена классификация по многим направлениям. По мере того, как будет расширяться внедрение ГПС, каждый раздел этой главы может пополняться и отражать действительное положение. Убедительно показано, что на систему в целом большое влияние оказывает межоперационный транспорт. При принятии решения об организации системы одним из главных факторов, учитываемых при выборе, должна быть современная технология. С учетом всех целей потребителя при автоматизации выбор ГПС производится в пределах целесообразной сложности и уровня технологии. Однако в настоящее время существует очень много типов систем, и технологические факторы все реже и реже имеют решающее значение. С другой стороны, стандартных ГПС не существует, поэтому удовлетворение условий пользователя зависит от степени инженерной проработки. Внедрению должны предшествовать комплексная подготовка и анализ с позиций оценки рациональной степени автоматизации производства, эффективности и современности каждой конкретной ГПС.

2.2. АНАЛИЗ ГПС ЯПОНИИ, ЕВРОПЫ И США

В предыдущем разделе на основе подробной технологической информации были описаны ГПС, работающие в Японии. По материалам Общества японских инженеров-механиков [1], сейчас в мире вместе с япон-

Таблица 7

Страна	Число систем
Япония	49
США	44
ФРГ	35
Великобритания	10
Норвегия	8
Швеция	3
Италия	2
Швейцария	1

характеристики гибкости и переналаживаемости. Естественно, сравнение может быть проведено по системам, относящимся к одному и тому же времени, поэтому период для сравнения ограничен 1981 г. В приводимых ниже сравнениях участвуют 49 японских систем. В табл. 7 показано распределение ГПС по капиталистическим странам. По состоянию на октябрь 1981 г. во всем мире работало около 200 систем [3]. Это количество следует считать примерным, так как за последние год-два резко увеличились темпы внедрения ГПС. Япония, США и ФРГ занимают ведущее положение в области внедрения ГПС. Если основываться на выводах, сделанных Обществом японских инженеров-механиков, то наибольших успехов в этом достигли первые две страны.

При сравнении ГПС Японии, Европы и США можно прийти к выводу о том, что государственная техническая политика, касающаяся тенденций развития и фундаментальных исследований по ГПС, во многих странах не совпадает, а поэтому принципы построения систем и типы обрабатываемых изделий отличаются друг от друга.

Подтверждения этого положения можно получить в перечисленной в конце раздела литературе [4, 5]. Кратко приведем только самую необходимую информацию:

1. Почти все ГПС предназначены для механической обработки деталей на станках. Множеству типов деталей соответствует множество типов организации производства. А именно, сходные по форме детали отличаются по размерам, следовательно, необходима переналаживаемость системы.

2. Сборочные операции очень сложны, поэтому производство узлов в системе еще не отличается стабильностью и находится на так называемой стадии проб и ошибок. Но и в этом направлении идет создание так называемых гибких сборочных систем. Например, фирма «Буркхардт и Вебер» (ФРГ) создала несколько таких систем, которые успешно работают в ФРГ.

3. В результате внедрения ГПС при условии обработки того же объема деталей той же фирмы численность персонала снижается в пять раз, а затраты снижаются в среднем на 50 %.

4. В любой ГПС, рассчитанной на многономенклатурное производство, возможно осуществить средне- и мелкосерийное производство в условиях примерно одинаковой суммарной годовой программы.

скими имеется около 200 систем. На все эти системы распространяются выводы, сделанные в ходе анализа в предыдущем разделе. В этой главе приводится краткое исследование европейских и американских ГПС, примеры которых были ранее опубликованы отделением исследования промышленной технологии. Для удобства настоящий сборник построен так же, как и сборник примеров ГПС Европы и США [2], поэтому будет легко сравнивать характеристики систем и, в частности, ха-

5. У истоков развития ГПС предполагалось, что это будут крупномасштабные системы, в которых будут выполняться и механическая обработка и сборка, но в то же время всегда сохранялись тенденции к развитию гибких производственных модулей. Япония стабильно опережает европейские страны и США в развитии гибких производственных модулей.

Изделия, обрабатываемые в ГПС. В табл. 8 и на рис. 82 показана классификация ГПС по форме и номенклатуре обрабатываемых деталей. В целом развитие ГПС в Японии идет теми же темпами, что и в Европе и США, за исключением систем, связанных с производством летательных аппаратов и различных видов вооружения.

Большая часть ГПС предназначена для обработки корпусных деталей. Количество таких систем в Японии, Европе и США составляет примерно 65 % от всего количества действующих систем. Но назначение обрабатываемых деталей в разных странах сильно отличается. В табл. 9 показано, какие детали обрабатываются в ГПС в разных странах.

8. Классификация ГПС по форме и номенклатуре обрабатываемых деталей

Форма заготовок		Количество соответствующих систем	
		Япония	Европа и США
Некруглые	Корпусные	22	52
	Листовые	1	3
Круглые	Тела вращения	4	15
	Листовые	6	9
Призматические		1	3
Итого		34	82

9. Детали, обрабатываемые при помощи ГПС в разных странах

Страна	Обрабатываемые детали	Количество ГПС в % от всех работающих в стране ГПС
Япония	Детали для дизельных двигателей и металлообрабатывающих станков	35
США	Детали для автомобилей и строительной техники	45
ФРГ	Детали для редукторов	30
Норвегия	Детали для военной техники	50
Социалистические страны	Детали для металлообрабатывающих станков	35

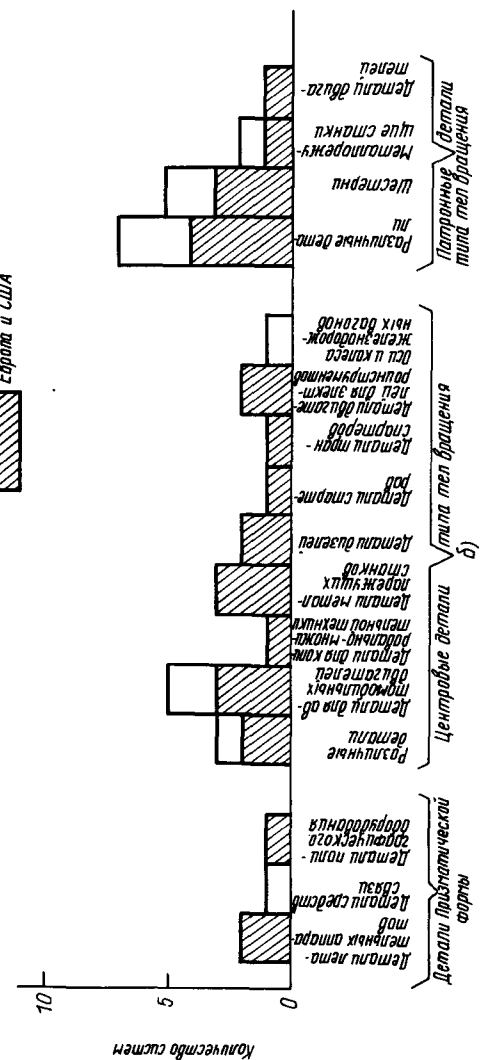
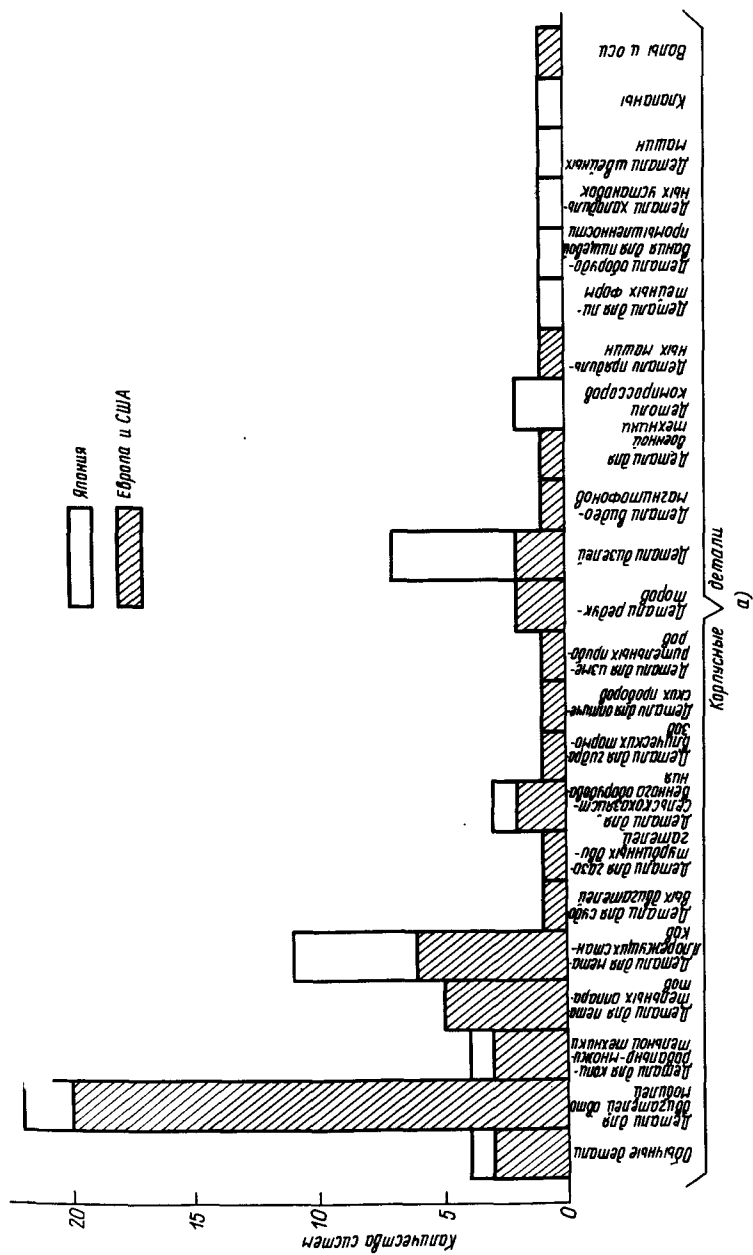


Рис. 82. Распределение ГПС по типам обрабатываемых деталей

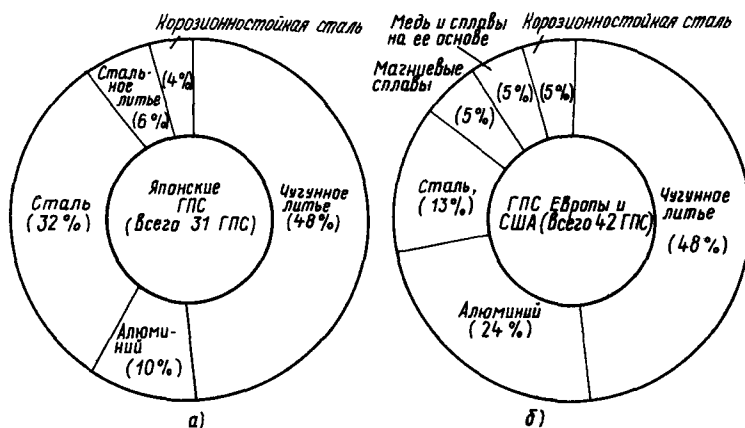


Рис. 83. Материалы деталей, обрабатываемых в ГПС

Большим препятствием в развитии технологии является сложность утилизации стружки, так как материалы для обрабатываемых деталей очень разнообразны (см. рис. 83) [4]. По сравнению с Японией в Европе и США, где в ГПС обрабатываются детали для летательных аппаратов и военной техники, шире используются сплавы на основе алюминия и титановые заготовки. Следует заметить, что и в Японии, и в других странах в системах возможна обработка деталей из разнообразных металлов и сплавов.

Переналаживаемость ГПС. В табл. 10 приведены сравнительные дан-

10. Переналаживаемость ГПС по номенклатуре обрабатываемых деталей

Номенклатура обрабатываемых деталей		Количество соответствующих ГПС	
		Япония	Европа и США
Однородные ГПС	Корпусные детали или детали типа тел вращения	22	91
	Корпусные детали и детали типа тел вращения (центровые)	0	1
Комплексные ГПС	Корпусные детали и детали типа тел вращения (патронные)	1	0
	Детали типа тел вращения (центровые и патронные)	0	3
	Корпусные детали, детали типа тел вращения	1	0
Итого		24	95

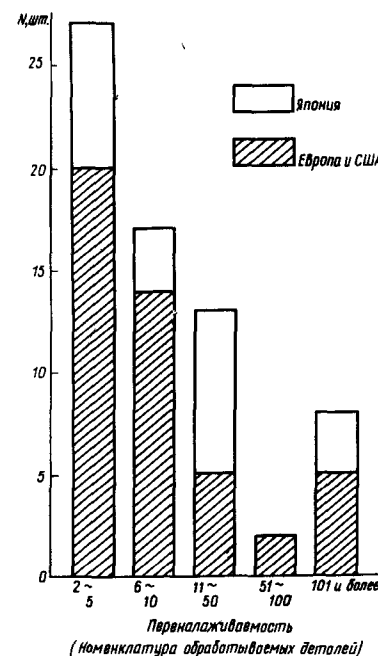


Рис. 84. Переналаживаемость ГПС (N, шт.)

Рис. 85. Переналаживаемость европейских и американских ГПС для обработки корпусных деталей

ные, характеризующие переналаживаемость ГПС по номенклатуре обрабатываемых деталей.

На рис. 84 показан сравнительный анализ ГПС по переналаживаемости. Этот рисунок не отличается точностью, так как составители не располагают достаточной информацией по Японии. На рис. 85 приведен анализ только по европейским и американским ГПС для обработки корпусных деталей, так как такой же анализ за тот же период по японским ГПС был выполнен выше.

Компоновочные структуры ГПС. В сборнике, посвященном ГПС Европы и США [2], даны классификация ГПС по графам перемещений деталей и количественный анализ систем с различными графами. Преобладают системы с замкнутыми потоками деталей. Выше уже говорилось о том, что для японских ГПС характерны те же тенденции. В Японии, как и в Европе и США, преобладают замкнутые потоки деталей. Следует отметить, что в настоящее время замкнутые потоки наиболее технологичны и легко управляемы. В результате системы с замкнутыми потоками в Японии составляют 60 %, а в Европе и США — 45 % от всех действующих систем.

На рис. 86 и 87 дан анализ компоновочных структур с учетом количества и типов используемых в системах станков. Как в Японии, так и в других анализируемых странах, большинство компоновочных структур состоят менее чем из десяти станков. Среди систем для обработки корпусных деталей в Европе и США чаще встречаются системы с компоновочной структурой из 4—6 станков, а в Японии — преимущественно

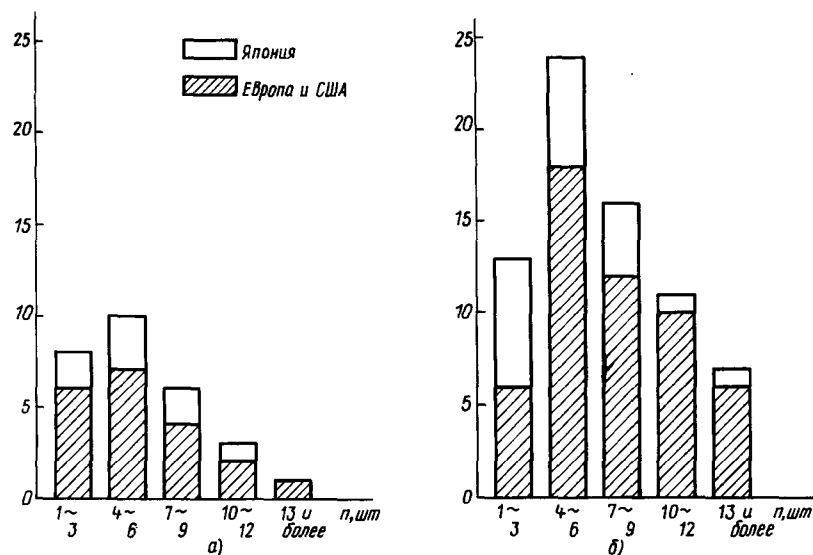


Рис. 86. Количество станков (n, шт.), встраиваемых в различные гибкие производственные системы (N, шт.):

а — ГПС для обработки деталей типа тел вращения; б — ГПС для обработки корпусных деталей

с компоновочной структурой из трех станков. В докладе Общества японских инженеров-механиков это объясняется тем, что в Японии больше гибких производственных модулей, построенных на основе многоцелевых станков.

Если обратить внимание на типы используемых станков, то и в Японии, и в других странах в состав компоновочных структур входит множество различных станков. Буквой С обозначены одноцелевые универсальные станки, типы которых давно известны (в эту категорию не входят многоцелевые станки и центры токарной обработки), но которые модернизированы на основе устройств ЧПУ. Буквами СС обозначены станки, специально приспособленные для конкретной ГПС, например станки, оборудованные устройствами для смены многошпиндельных коробок с учетом специализации самой ГПС (для более глубокого изучения этой проблемы советуем обратиться к сборнику «ГПС Европы и США», а также к сборнику [7], указанному в списке литературы в конце гл. 2). На рис. 87 буквами МС обозначены многоцелевые станки, а буквами ТС — центры токарной обработки.

Понятно, что применение различных типов станков в различных сочетаниях необходимо для расширения возможностей ГПС. Вообще, структура ГПС в значительной мере подчинена таким факторам, как геометрическая форма обрабатываемых деталей, производительность и необходимость ее регулирования, размер партий деталей, необходимая точность обработки, а также уровень автоматизации.

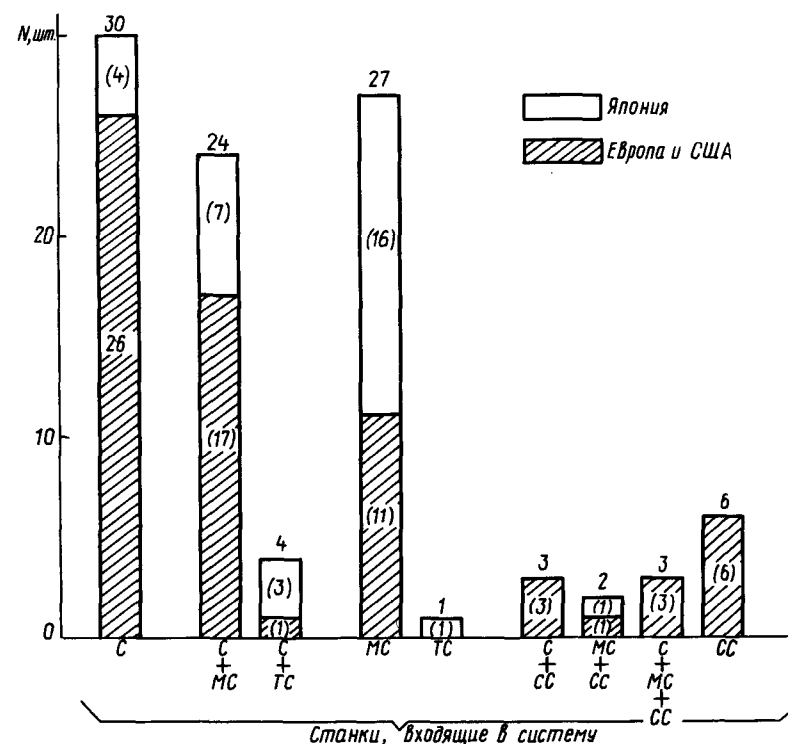


Рис. 87. Распределение ГПС (N, шт.) по типам встраиваемых станков (всего 100 ГПС: 32 — японские и 68 — европейские и американские)

Если внимательно проанализировать рис. 87, то станет понятно, что по составу станков, применяемых в структурах, японские ГПС отличаются от европейских и американских:

1. В Европе и США много систем, в которых в основном используются одноцелевые универсальные станки, причем количество таких систем доходит до 75 %. В Японии подавляющее большинство систем (до 75 %) основан на использовании многоцелевых станков, а если учесть еще и системы с токарными центрами в сочетании с многоцелевыми, то количество их достигнет 90 %.

2. Среди европейских и американских ГПС есть 13 примеров систем, в которых применяются специализированные станки. В Японии имеется только одна такая система. Из 13 европейских систем в шести системах используются станки с устройствами для смены многошпиндельных коробок.

3. В европейских и американских системах используется много одноцелевых универсальных станков, среди которых есть модернизированные модели. Особенно широко они используются в гибких автоматических линиях. Следует отметить, что систем с такими станками в Европе больше, чем в США.

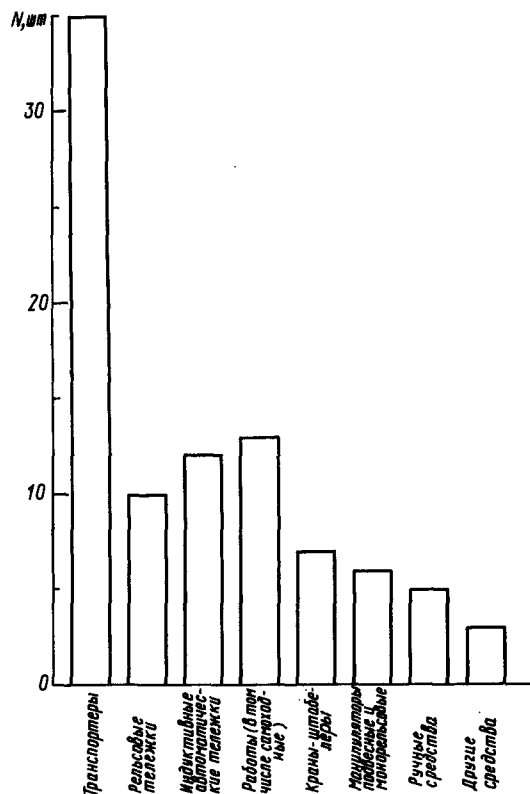


Рис. 88. Распределение европейских и американских систем (N, шт.) по типам применяемого межоперационного транспорта

4. Среди европейских и американских ГПС есть только одна система с центром токарной обработки. В Японии их четыре. На фоне общего количества действующих в мире ГПС число таких систем чрезвычайно мало.

На рис. 88 приведены данные ГПС Европы и США по основным средствам межоперационного транспортирования обрабатываемых деталей. Выбор транспортных средств определяется компоновочной структурой. Нередки случаи, когда по технологическим требованиям необходимо одновременное использование различных транспортных средств, например транспортера и ро-

бота или тележки и робота и др. На выбор типа межоперационного транспорта большое влияние оказывает необходимая длина трассы перемещения обрабатываемых деталей. Например, при перемещениях на небольшие расстояния можно применить робот, поэтому их чаще всего используют в гибких производственных модулях.

С учетом анализа транспортных средств, применяемых в японских ГПС, о котором уже говорилось в предыдущем разделе, можно сделать вывод о том, что тенденции развития межоперационного транспорта в Японии, Европе и США примерно одинаковые. А именно, основным видом межоперационного транспорта являются транспортеры (в Японии 40 %, в Европе и США 50 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГПС. Специальный выпуск.— Общество японских инженеров-механиков, 1982—8—2, 61 с.
2. ГПС Европы и США.— Масинисуту, 1981.
3. Ито Е. ГПС: современность и перспективы.— Нихон кикай гиккай-си, 1982, № 85—761, с. 366.
4. Ито Е., Ивата И. ГПС. Часть I.— Кикай гидзюцу, 1982, т. 30, № 70, с. 93.
5. Ито Е., Ивата И. ГПС. Часть II.— Кикай гидзюцу, 1982, т. 30, № 9, с. 93.

6. Н.-J. Warneke. Tendencies for Improvement of Productivity in Manufacturing Industry — a Survey.— Seminar at KAIST (Seoul), March, 1982.

7. Ито Е. Специализация металлорежущих станков в ГПС.— Сэймицу кикай, 1982, т. 48, № 6, с. 794.

2.3. МНОГОЦЕЛЕВЫЕ СТАНКИ В ГПС

Типичная компоновочная структура ГПС (ГПС с многоцелевыми станками). Если следовать формулировке фирмы «K & T», то ГПС обязательно включает в себя следующие пять аспектов:

1. Обработка на станках ведется в автоматическом режиме с помощью системы ЧПУ.

2. Имеется устройство для загрузки-разгрузки обрабатываемой детали у станка.

3. Имеется транспортное устройство для автоматической передачи детали между операциями.

4. Имеется ЭВМ для контроля и регулирования технологических процессов.

5. Организовано программное обеспечение системы.

По этому определению необходимым условием является наличие автоматического межоперационного транспорта и систем ЧПУ. Главный смысл ГПС заключается в объединении системы прямого ЧПУ и транспортной системы.

На рис. 89 показана блок-схема прямого ЧПУ в обобщенном виде, а на рис. 90 показана блок-схема системы управления ГПС. Система

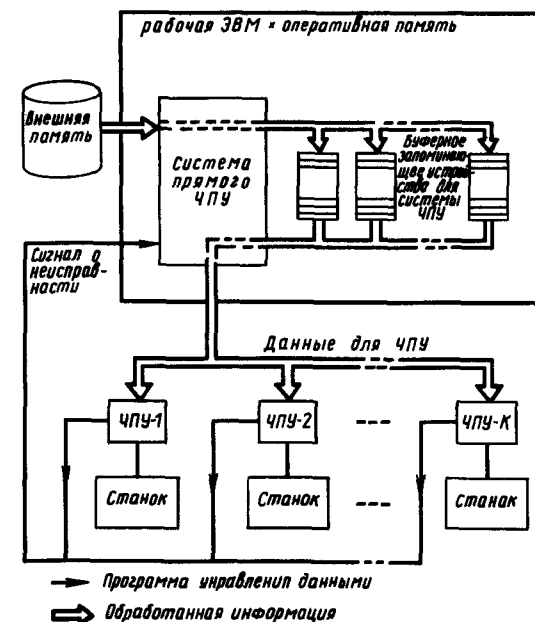


Рис. 89. Система прямого ЧПУ

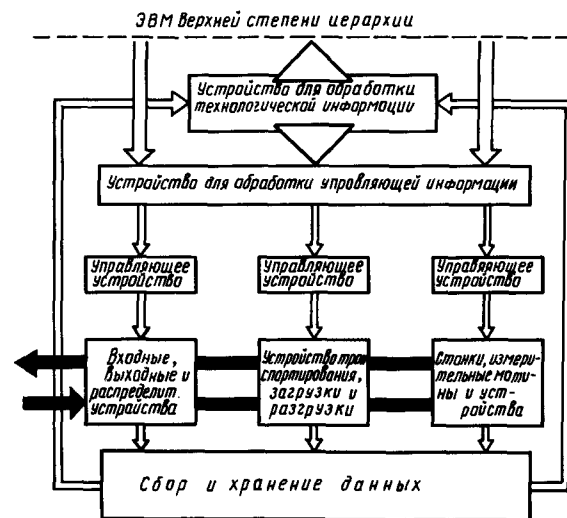


Рис. 90. Блок-схема ГПС (черными линиями обозначены потоки деталей, а светлыми — потоки информации)

прямого ЧПУ предназначена для непосредственного управления от ЭВМ группой металлорежущих станков. Любая входная информация обрабатывается в ЭВМ и выдается в виде выходной информации, в соответствии с которой идет автоматическая обработка на станках с ЧПУ. Условия 2 и 3 в формулировке «К & Т» не являются достаточными. Как следует из приведенных рисунков, в ГПС имеется еще одна функция системы управления, связанная с транспортными устройствами, т. е. к системе прямого ЧПУ добавляется еще система управления транспортированием.

По мнению профессора Г. Штута, ГПС следовало бы определить как производственную систему из станков с ЧПУ, одновременно осуществляющих обработку различных деталей на основе принципов прямого управления и независимых технологических маршрутов.

Такое суждение предполагает участие в техническом процессе системы автоматического транспортирования. Среди станков с ЧПУ предполагается наличие многоцелевых станков. Между системами, включающими одноцелевые универсальные станки, и системами, структура которых состоит из многоцелевых станков, есть определенные различия.

На рис. 91 условно показаны компоновочные структуры таких систем. После получения инструмента от автоматического устройства для замены инструментов, каждый одноцелевой станок независимо от других выполняет свою операцию, причем за одну установку детали выполняется не более одной операции; поэтому требуется много станков, а организация потока деталей с помощью транспортера усложнена.

Если в структуру ГПС входят многоцелевые станки, то за одну установку детали выполняется несколько операций, и для независимой загрузки станка очень легко организовать транспортирование деталей, причем время на транспортирование сокращается, так как оно перекрывается временем обработки. Поэтому становится очевидной универсальность систем, в структуру которых входят многоцелевые станки.

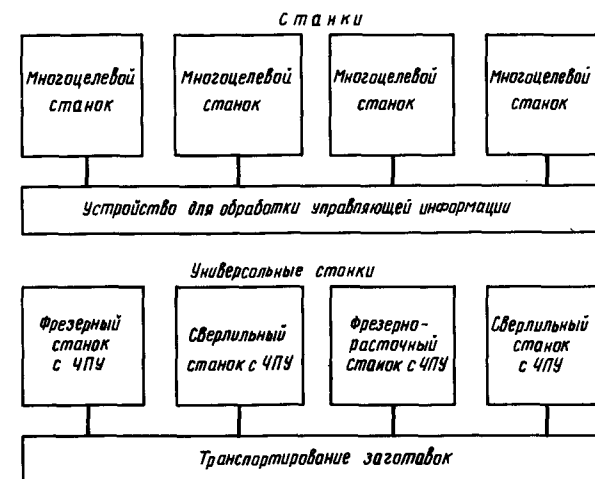


Рис. 91. ГПС с одноцелевыми универсальными станками и с многоцелевыми станками

На рис. 92 показано, какие станки применяются в ГПС Европы и США. Считается, что наиболее распространены ГПС с 5—10 станками (станциями обработки). Многоцелевые станки занимают ведущее положение в станочном парке ГПС. Разновидностью многоцелевых станков следует считать специализированные станки со сменными головками и многошпиндельными коробками (существует много типов специализированных станков).

Если провести такой же анализ по японским ГПС, выводы будут примерно те же. На рис. 93 представлены результаты этого анализа. На долю многоцелевых станков приходится 55 % всего станочного парка ГПС. Если учесть еще и специализированные станки, то их доля составит 65 % от всех занятых в ГПС станков. Таким образом, многоцелевые станки стали необходимым элементом ГПС, они составляют их ядро, и можно с уверенностью сказать, что они наиболее работоспособны. Многоцелевые станки применяются и в системах для обработки деталей типа тел вращения. Вполне понятно, что в таких системах они больше используются для фрезерования, сверления и расточки (подробно об этом см. в разд. 2 гл. 3).

Было проанализировано, какую долю от всего оборудования в различных системах составляют многоцелевые станки; результаты показаны на рис. 94. В 42 % систем используются практически только многоцелевые станки. Многоцелевые станки почти не входят в структуры гибких автоматических линий, где в основном используются одноцелевые станки (таких систем 25 %).

Итак, в Японии многоцелевые станки можно считать основным типом станков для ГПС.

Характеристики многоцелевых станков. И в Японии, и в других странах многоцелевые станки являются основным типом станков для ГПС. Про-

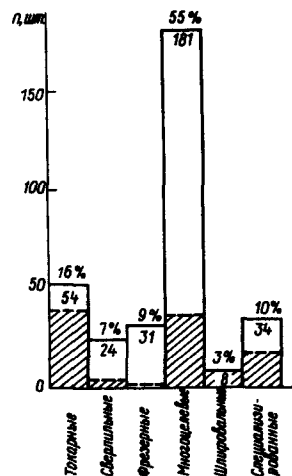
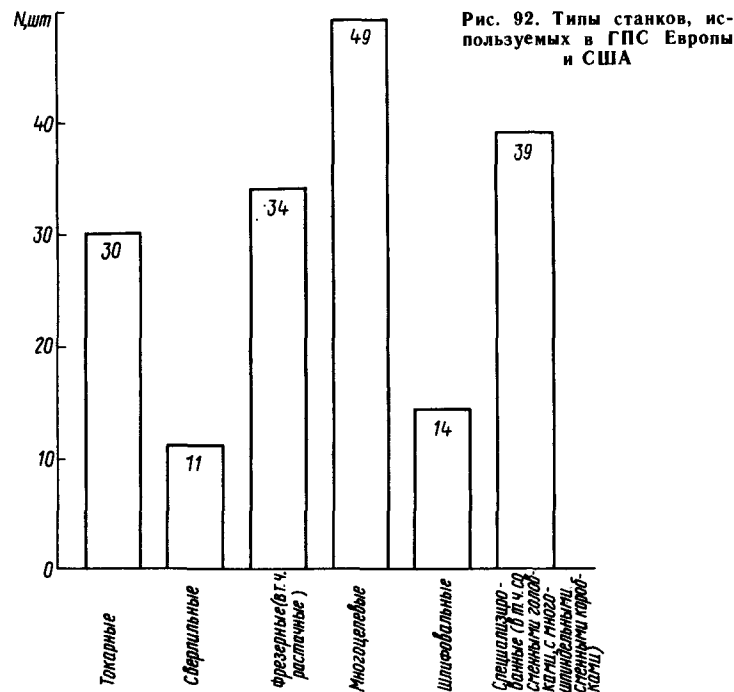


Рис. 93. Типы станков (п. шт.), используемых в ГПС Японии

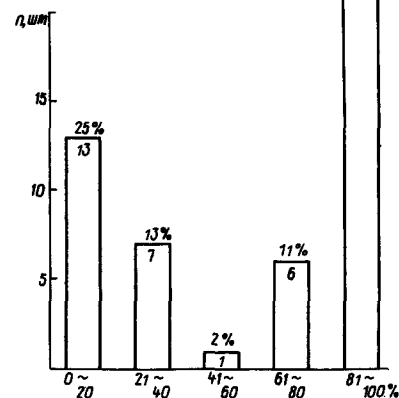


Рис. 94. Удельный вес многоцелевых станков (в % от всех станков системы) (проанализированы 49 систем из 53)

анализируем, почему же многоцелевые станки занимают ведущее положение. Имея автоматические устройства для замены инструмента, они дают возможность в одном станке за одну установку выполнять множество операций. Большие возможности многоцелевых станков позволяют использовать их с максимальной эффективностью. Используя многоцелевые станки, легче внедрять ГПС и организовывать ее эффективную работу.

К основным характеристикам многоцелевых станков относятся:
 возможность выполнения нескольких технологических операций;
 возможность обработки нескольких плоскостей;
 возможность управления по нескольким координатам.

Многоцелевые станки подразделяются по расположению оси главного привода на горизонтальные и вертикальные. Типы компоновок многоцелевых станков показаны на рис. 95. Обычно положение оси главного привода совпадает с направлением координаты Z, а направление рабочей подачи совпадает с координатой X. Другое направление рабочей подачи

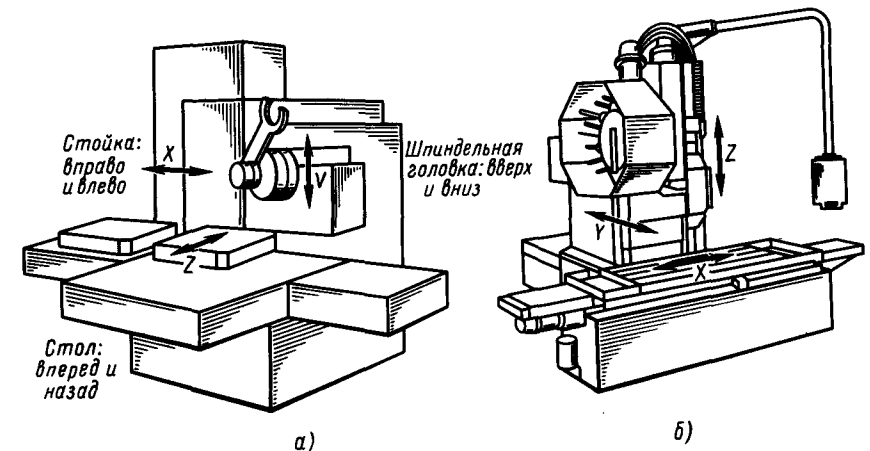
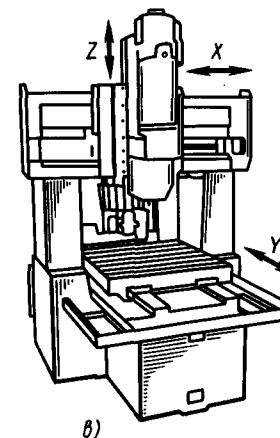


Рис. 95. Типы многоцелевых станков:
 а — горизонтальный; б — вертикальный; в — портальный



возможно по координате Y. Различные способы организации рабочей подачи сведены в табл. 11.

По координате Y в большинстве случаев перемещение вверх и вниз выполняет шпиндельная головка, находящаяся на оси главного привода. Приведенные в табл. 11 данные иллюстрируются на рис. 96. Модель 1 является примером наиболее общего типа горизонтального

11. Способы организации подачи в горизонтальном многоцелевом станке

Тип	Координата			Примечание
	X	Y	Z	
Сочетания относительных перемещений узлов станка	1	Бабка	Стол	Составной стол Подвижная стойка Подвижная стойка
	2	Бабка	Стойка	
	3	Бабка	Шпиндель	
	4	Бабка	Стойка	Двойное перемещение
	5	Бабка	Стол	
	6	Бабка	Шпиндель	
	7	Стол	Шпиндель	

многоцелевого станка. Почти все средне- и малогабаритные многоцелевые станки относятся к этому типу. Проблемой в данном случае является малая маневренность консоли стола. В моделях 2 и 3 все перемещения совер-

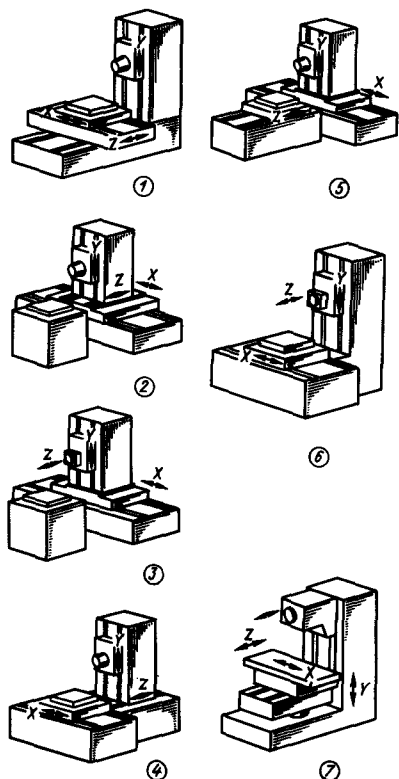


Рис. 98. Компонировки горизонтальных многоцелевых станков

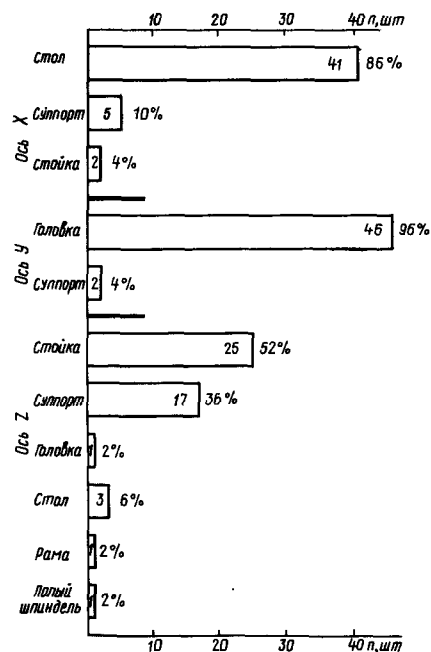


Рис. 97. Гистограмма распределения горизонтальных многоцелевых станков в зависимости от способа организации рабочих подач

шаются относительно стойки, которая может быть оснащена поворотным столом. Такие многоцелевые станки встречаются наиболее часто. Эти станки легко компонуются в системы, поэтому они очень широко используются в современных ГПС. Типы станков 4, 5, 6 отличаются независимостью перемещений по координатным осям. Многоцелевые станки таких типов бывают средне- или крупногабаритными. Оборудованный накопителем спутников и устройством для их замены, такой станок является основой гибкого производственного модуля. В основном в промышленности применяются именно такие многоцелевые станки. Станки 7 называют станками сдвоенного типа. Это простые многоцелевые станки, которые появились одними из первых.

На рис. 97 показано распределение многоцелевых станков (n, шт.) в зависимости от способа организации рабочих подач по координатным осям. В большинстве случаев по оси X подачу выполняет стол станка, по оси Y — шпиндельная головка, а по оси Z — стойка или суппорт. Следует заметить, что сейчас несколько расширяется применение многоцелевых станков, в которых подачу выполняет стойка.

12. Способы организации подачи в вертикальном многоцелевом станке

Тип	Координата			Примечание
	X	Y	Z	
Сочетания относительных перемещений узлов станка	8	Стол	Бабка	Составной стол Подвижная стойка
	9	Стол	Бабка	
	10	Стойка	Бабка	

В табл. 12 показаны результаты аналогичного исследования вертикальных многоцелевых станков. Типы вертикальных станков показаны на рис. 98. Позицией 8 на рис. 98 отмечена самая типичная конструкция станка с так называемым составным столом. Цифрой 9 обозначен станок, в котором перемещения по координатным осям независимы, цифрой 10 — типичный станок с подвижной стойкой. Сначала эти многоцелевые станки были очень распространены, но сейчас они встречаются довольно редко. Станки портального типа (11) в основном крупногабаритные. С их помощью можно обрабатывать пять плоскостей.

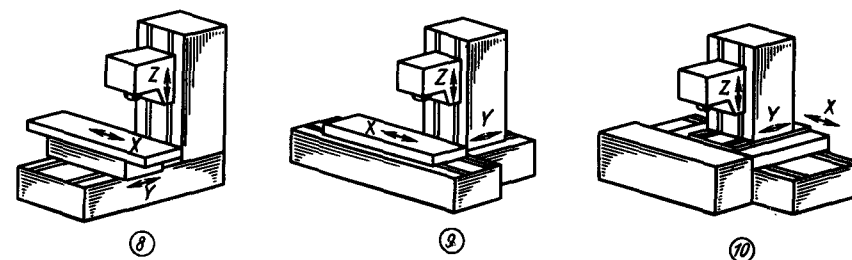


Рис. 98. Компонировки вертикальных многоцелевых станков

На рис. 99 показано распределение вертикальных многоцелевых станков (n , шт.) в зависимости от способа организации подач по координатным осям. В большинстве случаев по оси X совершаются перемещения стол, по оси Y — суппорт и (довольно редко) стойка, а по оси Z — шпиндельная головка.

По мере того как совершенствовалась организация рабочих подач в многоцелевых станках, развивались ГПС и изменялись способы выполнения операций.

Характерными элементами ГПМ и ГПС являются автоматические устройства для смены инструмента. Управляя инструментальным магазином, эти устройства дают возможность быстро автоматически заменить инструменты в определенном порядке. Естественно, это в значительной мере расширяет сферу применения многоцелевых станков.

Место установки инструментального магазина зависит от количества инструментов, входящих в этот магазин. Комплект инструмента может быть размещен в револьверной головке, на стойке (в верхней ее части) или сбоку от стойки (что бывает чаще всего). Может быть использована совокупность описанных конструктивных решений.

Если говорить о вместимости инструментальных магазинов, то наиболее типичны многоцелевые станки, рассчитанные на магазины емкостью 30—40 инструментов (см. рис. 100). Но что касается станков, встроенных в ГПС, то здесь положение выглядит иначе. Весьма нередки случаи, когда в работе используются магазины вместимостью 60—70 и до 300 инструментов. В Японии складывается тенденция к увеличению количества инструментов в магазине. Производственные системы постоянно усложняются (это предусмотрено долгосрочной программой), и в состав многих ГПС входят подсистемы замены инструмента.

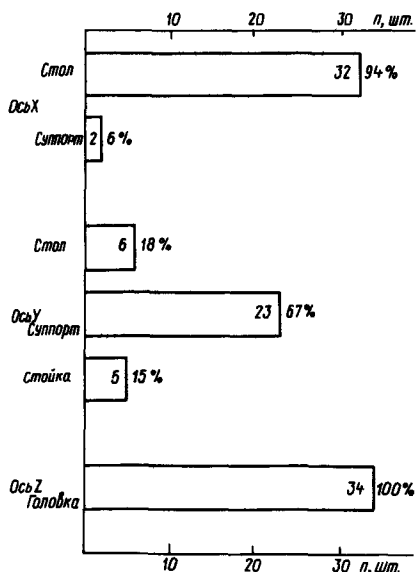


Рис. 99. Гистограмма распределения вертикальных многоцелевых станков (n , шт.) в зависимости от способа организации рабочих подач

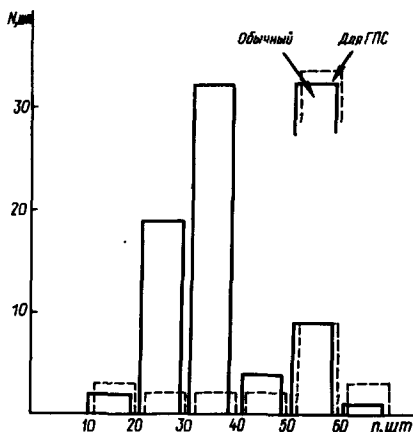


Рис. 100. Емкость магазинов инструментов (n , шт.) в горизонтальных многоцелевых станках (N , шт.)

В вертикальных многоцелевых станках также чаще используются магазины на 30—40 инструментов.

Осуществление подачи по всем координатам (имеются в виду и поступательные, и вращательные движения) и наличие автоматического устройства для смены инструмента значительно расширяет возможности многоцелевого станка, выражающиеся в его способности к переналаживаемости. Другими словами, многоцелевой станок сам по себе определяет гибкость системы. Если к этому еще добавить возможность автоматической замены спутников, то степень автоматизации и гибкость увеличатся еще больше.

Среди обрабатываемых деталей много заготовок типа тел вращения. Во многих случаях заготовки деталей типа тел вращения подвергаются таким видам обработки, как фрезерование. Для этого требуются станки, которые могли бы кроме точения выполнять еще и плоское фрезерование. Этому требованию отвечают так называемые токарные многоцелевые станки, которые предназначены для выполнения операций точения, фрезерования и др.

В своей основе эти станки представляют собой токарные станки с ЧПУ, которые выполняются на базе горизонтальных токарных центров (токарно-револьверных станков) или на базе вертикальных центров (токарно-карусельных станков). Для обработки крупногабаритных заготовок используют вертикальные токарные центры.

Таким образом, в подобных многоцелевых станках возможно выполнение нескольких операций за одну установку заготовки.

Функции многоцелевых станков в ГПС. Многоцелевые станки в сочетании с переналаживаемыми автоматическими устройствами для смены инструмента и устройствами подачи заготовок характеризуются высокой гибкостью. ГПС являются лучшим средством эффективной реализации возможностей многоцелевых станков.

Ниже анализируются пути и средства реализации возможностей многоцелевых станков.

Одним из таких средств является автоматическое устройство для смены инструмента, рассчитанное на большое количество инструментов. Известно, что чем больше инструментов можно использовать, тем шире возможность обработки. В настоящее время разрабатываются многоцелевые станки, в которых в состоянии готовности находятся до 300 инструментов. В основном в действующих ГПС используются многоцелевые станки, рассчитанные на 50—60 инструментов (рис. 99). Переналаживаемость многоцелевого станка, характеризующая его технические возможности, в основном зависит от числа используемых инструментов. Такие проблемы, как время смены инструмента и сложность программы, управляющей сменой инструмента, решаются применением программируемого инструментального устройства.

Одним из способов смены требующегося в процессе обработки инструмента, увеличивающих число используемых инструментов, является смена инструментальных магазинов. На рис. 101 показан один из таких магазинов. Способ смены инструмента с помощью замены инструментальных магазинов отвечает требованиям современного производства и считается

13. Факторы, влияющие на точность многоцелевых станков (по Х. М. Лебрехту)

1. Измерение	Точность измерения	Система управления	Точность позиционирования	Геометрическая точность положения подвижных узлов станка	Точность станка	Точность обработки: (размеры, формы), чистота поверхности
2. Позиционирование	Погрешность при торможении					
3. Факторы станка						
а) Жесткость						
б) Деформации						
в) Геометрические параметры:						
— Прямолинейность, прямоуглольность, плоскостность		Точность геометрических параметров				
— Характер перемещения (дискретное, непрерывное)						
— Точность поворота						
4. Тепловая деформация (среда, резание, трение)		Нестабильность позиционирования				
а) станок						
б) окружающая среда						
5. Крепежные приспособления						
а) геометрические параметры						
б) источники нагрева						
в) колебания нагрузки						
6. Инструмент, заготовка						
а) усилия зажима силы резания						
б) колебания нагрузки						
в) внутренние напряжения						
г) износ						

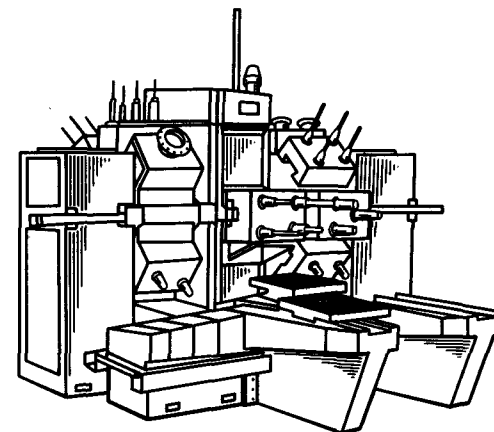
В конструкции шпиндельной бабки, например, для охлаждения предусмотрена специальная рубашка; и поток охлаждающей жидкости отводит выделяющееся тепло. Стойка (или спаренные стойки) в станках с центральным расположением шпиндельной бабки должна одинаково деформироваться в обе стороны и т. д. и т. п.

Многофункциональность. Одним из наиболее важных для ГПС свойств многоцелевых станков является их многофункциональность. Устройство для автоматической смены заготовок обеспечивает возможность установки различных заготовок на рабочий стол станка. Применение спутников в значительной мере способствует автоматизации процесса транспортирования. Дополнительные выгоды дает применение приставочных накопителей.

К важным преимуществам относится увеличение числа используемых инструментов и применение автоматических устройств для их смены. Уже имеются многоцелевые станки, располагающие 300 инструментами. Кроме смены инструментов в многоцелевых станках иногда предусматривается возможность смены многошпиндельных коробок, что обеспечивает повышение производительности обработки. Такие решения применяются в серийном (или крупносерийном) производстве (см. рис. 103).

С целью значительного расширения количества типов используемого инструмента используется замена инструментальных магазинов (особенно в интегрированных производственных системах). Наконец, часто

Рис. 103. Многоцелевой станок со сменными многошпиндельными коробками (фирма КТМ)



требуется вести одновременную обработку нескольких плоскостей заготовки. Сейчас уже имеется несколько способов такой обработки, но в то же время это остается одной из проблем, которые решаются при создании ГПС нового поколения.

Безлюдная технология.

Будущее ГПС, конечно, связано с работой по безлюдной технологии. Многоцелевые станки должны отвечать требованиям безлюдной технологии. Имеющиеся сейчас автоматические устройства для смены инструмента и заготовок способствуют адаптации многоцелевых станков к режиму безлюдной технологии.

Для организации безлюдной технологии необходимо удовлетворение ряду дополнительных требований. К этим требованиям относятся:

- автоматизация транспортирования;
- автоматизация эвакуации стружки (до сих пор остается весьма сложной проблемой);
- диагностика отказов и их устранение;

автоматизация инструментаобеспечения (смена инструментальных магазинов).

Для повышения точности обрабатываемых деталей необходимо применение автоматических измерительных устройств, которые должны быть установлены непосредственно на многоцелевом станке (см. рис. 104). При этом необходимо применение устройств высокой точности.

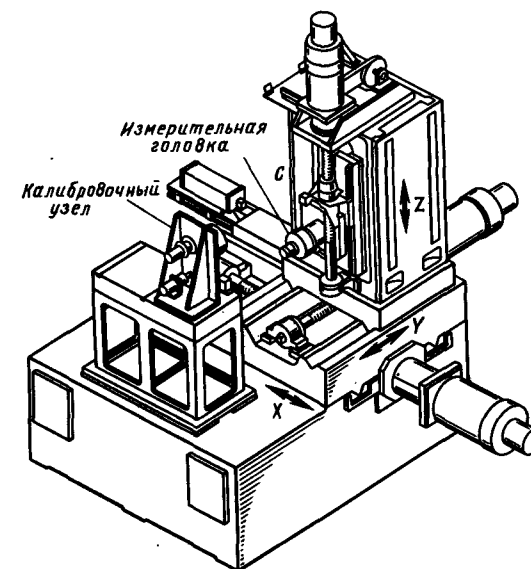


Рис. 104. Конструкция измерительного устройства

14. Структура типичного гибкого производственного модуля

Характеристики стайков для ГПС (возможности и конструкции)	1. Подача заготовок	Программируемое устройство для смены спутников Пристаночный накопитель Система транспортирования Подетальная специализация	
	2. Гибкость	Оснащение инструментом	Специализированные стайки универсальные станки Станки со сменными многошпиндельными коробками Большая емкость магазина Возможность смены инструментальных магазинов наличие измерительных инструментов
	3. Производительность	обеспечивается конструкцией	Многошпиндельные коробки (головки) Параллельная обработка несколькими шпиндельными головками (спаренные стойки)
	4. Технологические возможности	обеспечивается технологической и компоновочной структурами системы Технологические возможности	Несколько параллельно работающих станков Гибкая автоматическая линия
	5. Гибкий производственный модуль	Концентрация операций	Станок с ЧПУ типа CNC с управлением по нескольким координатам Многоцелевой станок Два станка с ЧПУ Многоцелевой станок со спутниками
		Перечисленные выше возможности могут быть реализованы в одном станке в различных сочетаниях.	

Гибкие производственные модули. В ГПС в основном применяются многоцелевые станки, которые, как указывалось выше, составляют большую часть станочного парка ГПС. Информация об этих станках дана в табл. 14, которая уже была опубликована в сборнике «ГПС Европы и США» [7], но она несколько изменена и сокращена в соответствии с особенностями анализируемых систем. Здесь сведены уже рассматривавшиеся факторы: способы подачи заготовок, особенности переналадки, возможность обработки единичных деталей и концентрация операций.

Возможности ГПС зависят от конструктивных особенностей многоцелевых станков, а также от их взаимодействия с транспортной подсистемой. Многие ранее созданные ГПС включают в себя по 5—6 многоцелевых станков, поэтому приведенная таблица в основном отражает состояние именно таких систем.

ГПС требуют значительных капиталовложений. Один многоцелевой станок в среднем стоит от 300 до 400 млн. иен. Поэтому производитель-

Рис. 105. Производство многоцелевых станков (лп, шт.)

ность и эффективность капиталовложений в ГПС в значительной степени зависит от того, на сколько универсальным будет каждый станок. Такие сверхмногоцелевые станки составляют основу гибких производственных модулей. В одном станке — гибком модуле — сосредоточены многие функции ГПС: гибкость, производительность и концентрация операций.

Проанализируем структуру типичного гибкого производственного модуля. Во-первых, исходя из табл. 14, это многоцелевой станок с подвижной стойкой, с накопителем спутников и устройством смены спутников, организующим подачу заготовок, причем разнотипные заготовки автоматически подаются в произвольной последовательности (см. рис. 105). В последнее время количество таких многоцелевых станков быстро увеличивается (рис. 106). Возможности гибкого производственного модуля очень разнообразны, так как он хорошо оснащен: организовано транспортирование заготовки с помощью устройства смены спутников и пристаночного накопителя, поэтому возможна продолжительная работа модуля по безлюдной технологии. Потребность в таких многоцелевых станках очень высока.

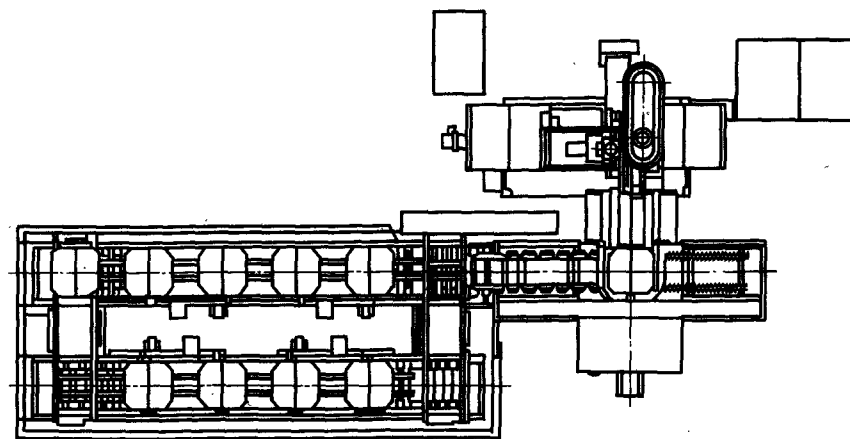
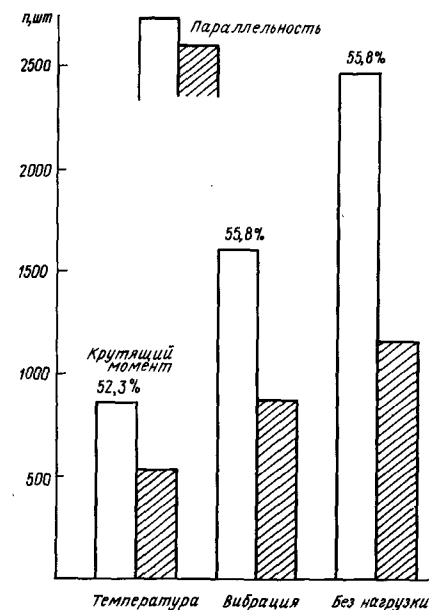


Рис. 106. Накопитель спутников

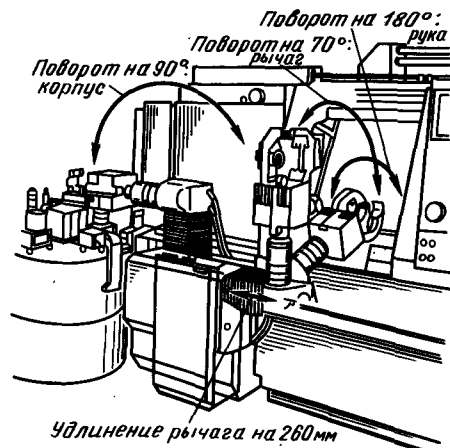


Рис. 107. Токарный станок с ЧПУ, обслуживаемый промышленным роботом

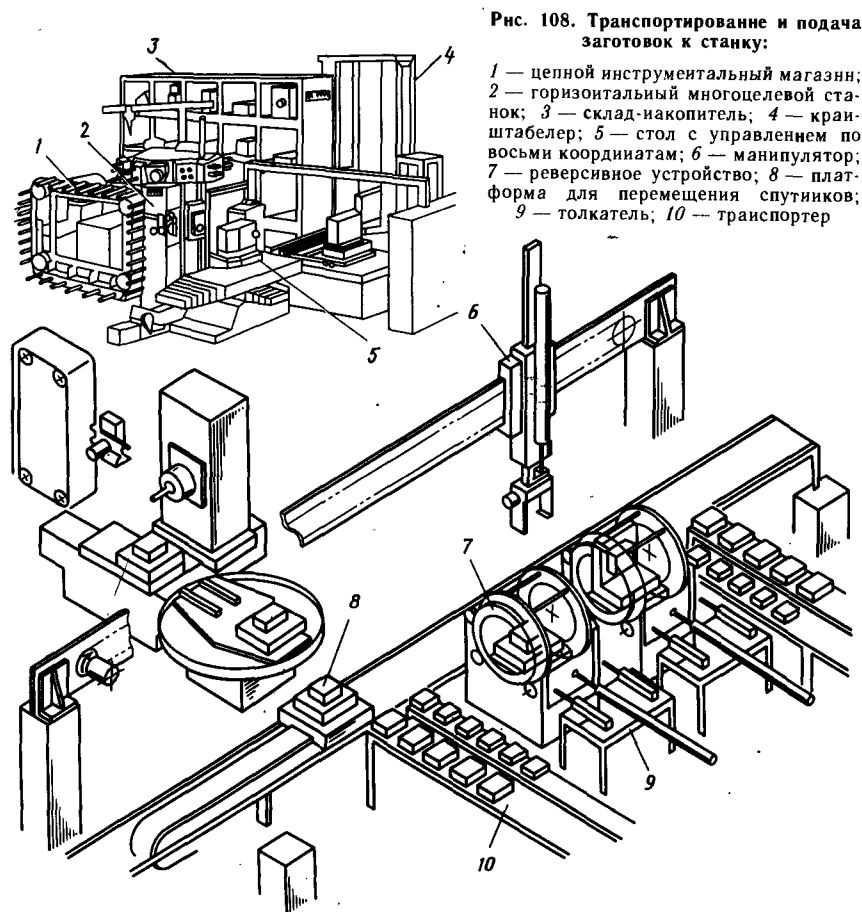


Рис. 108. Транспортирование и подача заготовок к станку:

Отдельно следует рассмотреть токарные станки с ЧПУ, оборудованные автоматическими устройствами подачи заготовок. Поскольку формы заготовок различаются меньше, чем в корпусных деталях, необходимый уровень гибкости ниже. Если станок оснащается устройством смены спутников, то возможности работы по безлюдной технологии у такого станка такие же, как и у многоцелевого станка. Способы крепления заготовки совершенствуются. Загрузку заготовок в станок может выполнять промышленный робот (рис. 107).

В Европе и США прорабатывается идея модернизации универсальных станков, заключающаяся в обеспечении их средствами транспортирования, накопления и загрузки заготовок по типу японских гибких модулей.

Весьма важным элементом является связь между складом заготовок (полуфабрикатов) и станком. Со складом связаны кран-штабелер, манипулятор или транспортер, так же как, например, устройство смены инструмента связано с многоцелевым станком (рис. 108).

Эффективными с точки зрения производительности являются гибкие производственные модули со сменными многошпиндельными коробками. Такой модуль показан на рис. 109. Обработка ведется одновременно с двух сторон независимо. (Одновременно производится расточка и фрезерование). Гибкость зависит от емкости накопителя шпиндельных коробок. Такая технология широко применяется при обработке крупных партий.

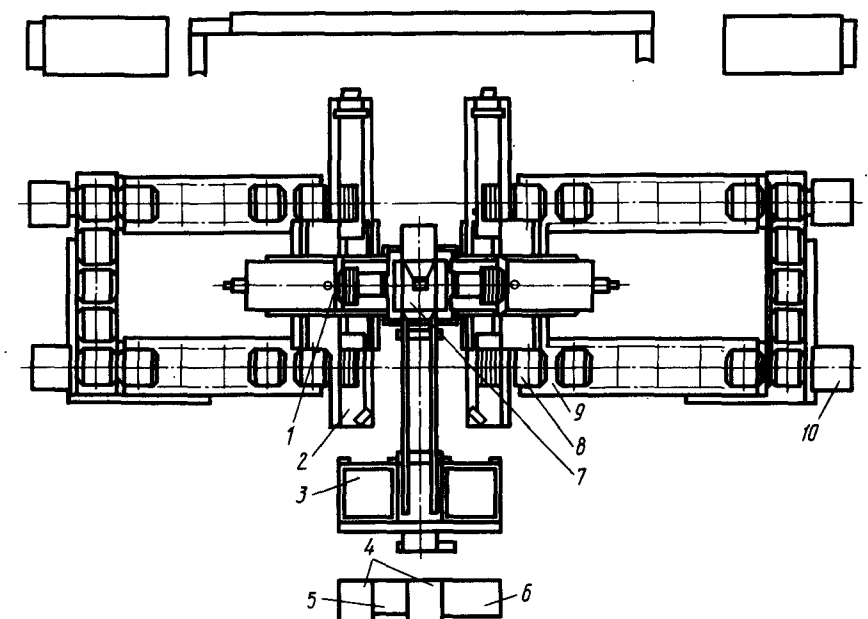


Рис. 109. Станок со сменными многошпиндельными коробками фирмы «Бурхард и Вебер»:

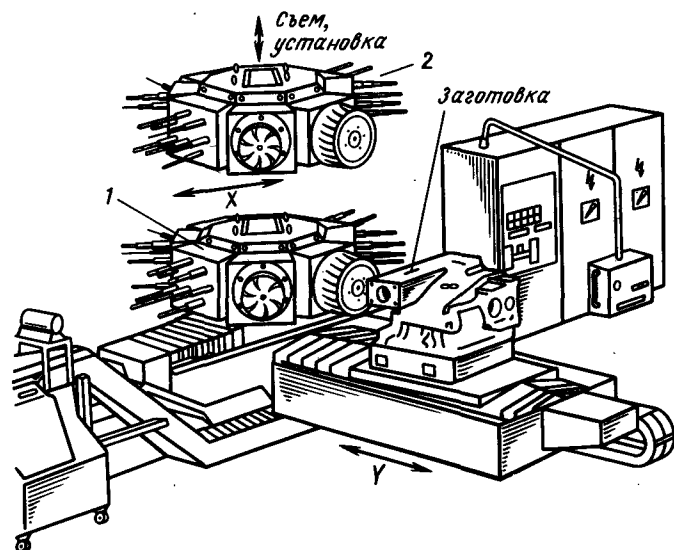


Рис. 110. Устройство смены головок. Станок со сменными револьверными головками типа «Вариоцентр» фирмы «Дидисхайм» (по оси X перемещается инструментальная головка, а по оси Y — заготовка):

1 — многошпиндельная коробка; 2 — сменная головка

Существует несколько способов смены шпиндельных головок: на рис. 110 показан станок со сменными револьверными головками, на рис. 111 — станок с кассетным устройством.

Сначала гибкие производственные модули предполагалось использовать в мелкосерийном производстве, но сейчас они успешно приме-

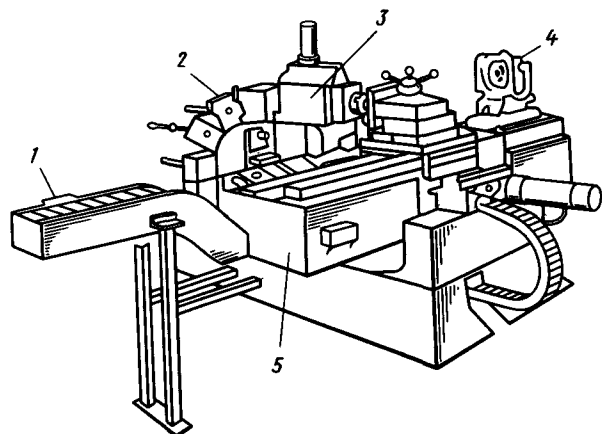


Рис. 111. Многоцелевой станок HC500 со сменными многошпиндельными коробками фирмы «Дидисхайм»:

1 — транспортер для удаления стружки; 2 — устройство смены коробок; 3 — стойка станка; 4 — заготовка; 5 — станина

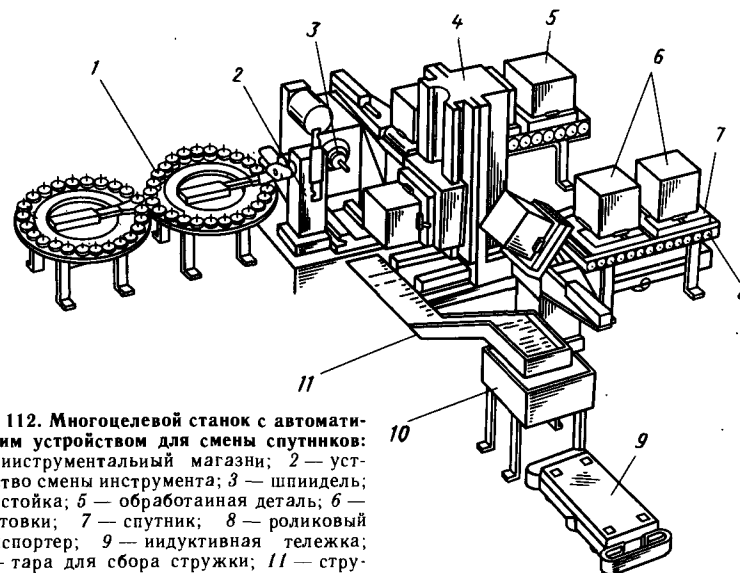


Рис. 112. Многоцелевой станок с автоматическим устройством для смены спутников: 1 — инструментальный магазин; 2 — устройство смены инструмента; 3 — шпиндель; 4 — стойка; 5 — обработанная деталь; 6 — заготовки; 7 — спутник; 8 — роликовый транспортер; 9 — индуктивная тележка; 10 — тара для сбора стружки; 11 — стружечный транспортер

няются даже в крупносерийном производстве. Меняя шпиндельные головки, можно достичь очень высокой гибкости станка, на котором можно вести точение, сверление, фрезерование и даже шлифование. Смена инструмента производится из инструментального магазина.

На рис. 112 показан станок, разработанный в Великобритании по программе развития ASP [12], который по своей конструкции близок к гибким производственным модулям. В нем имеются устройства для автоматической смены заготовок и инструмента. В зависимости от обрабатываемой заготовки может производиться смена инструментального магазина. Таким образом многоцелевые станки начинают приобретать качества, присущие гибким модулям.

Современные гибкие производственные модули развиваются в направлении повышения производительности за счет применения многоинструментальной обработки (см. рис. 113). Так без существенного снижения гибкости получают значительный выигрыш в производительности.

Одной из проблем, над которыми сейчас работают, является разработка многоцелевых станков с несколькими стойками для организации одновременной обработки большого количества заготовок.

Развитие гибких производственных модулей. Совмещая возможности повышения гибкости и производительности, гибкие модули стали новым типом станков. Они должны обладать следующими качествами:

- возможностью транспортирования и смены заготовок;
- возможностью смены инструмента или смены многошпиндельных коробок (головок);
- возможностью одновременной обработки с нескольких сторон.

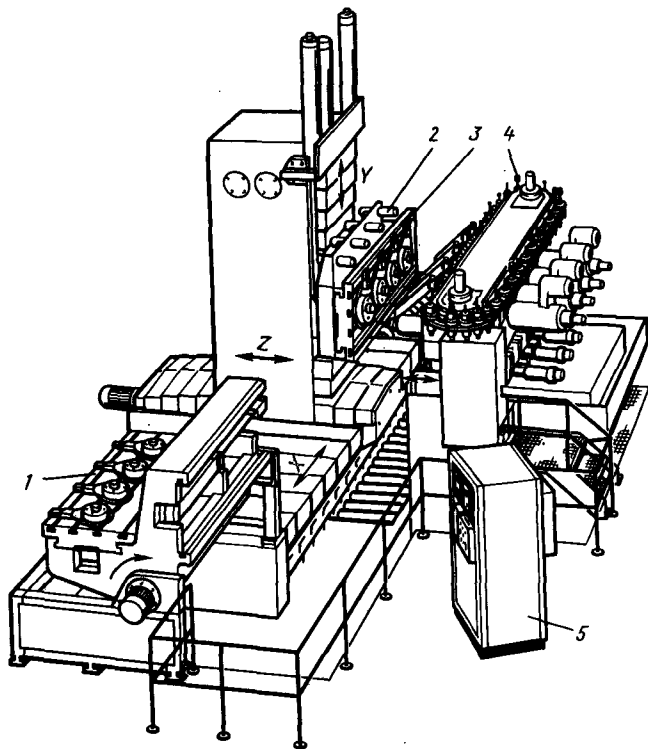


Рис. 113. Станок для многошпиндельной обработки (специальный многоцелевой станок с перемещениями по оси X — 1200 мм, по оси Y — 1200 мм и по оси Z — 800 мм): 1 — накопитель заготовок; 2 — устройство для проверки установки инструмента; 3 — многоспунный спутник; 4 — инструментальный магазин; 5 — система ЧПУ

Перспективы развития ГПС и гибких производственных модулей совпадают (см. рис. 114). Для анализа принимают стандартную классификацию заготовок. Самым простым способом является классификация по форме и по составу операций. Если не останавливаться на проблемах, связанных с формой заготовок, то будет легче понять проблемы обработки: состав выполняемых операций в основном всегда одинаков, т. е. может быть описан определенным избыточным перечнем.

Выбор станка для ГПС определяется выдвигаемыми требованиями, к которым относится точность обработки, мощность привода, количество управляемых координат. При решении этих вопросов необходимо тщательно проанализировать технологический процесс.

Кроме типов применяемых станков должен быть проведен анализ способов загрузки заготовок и инструментов в станок, которую могут выполнять промышленные работы и штабелеры. При этом должна решаться проблема выбора способов складирования заготовок, на что в свою очередь оказывает влияние количество спутников, находящихся в обращении. Свое влияние оказывают и такие факторы, как организация

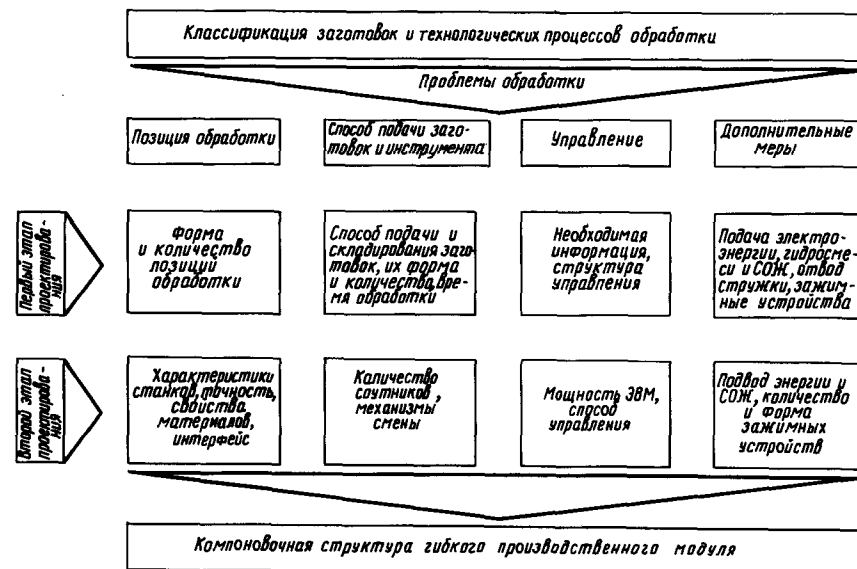


Рис. 114. Проблемы, возникающие при создании гибкого производственного модуля

разгрузки заготовок из склада, время обработки и т. д. Если время обработки продолжительное, то требования к быстрдействию транспортных средств снижаются. Если время обработки короткое, устанавливается непосредственная связь со складом, и к транспортным устройствам, объемам партий и технологическим маршрутам предъявляются жесткие требования.

Мощность ЭВМ, применяемой для управления, зависит от сложности деталей, количества их типов, необходимого уровня автоматизации, структуры системы управления и многих других факторов, которые необходимо учитывать при решении вопроса о выборе ЭВМ.

Что касается вспомогательных приспособлений, то важно решить вопросы, связанные с устройствами зажима при установке заготовки на спутник. При обработке малогабаритных деталей (время обработки не превышает десяти минут) их устанавливают по несколько штук в многоспунном приспособлении. Таким образом подготовительно-заключительное время резко сокращается.

Чтобы обеспечить наилучшие эксплуатационные характеристики модуля, при его разработке необходимо учесть особенности заготовок, провести тщательный анализ технологии, определить возможность интенсификации режимов обработки, подобрать соответствующие приспособления.

Количество гибких производственных модулей, встраиваемых в ГПС, будет увеличиваться. На рис. 115 показаны так называемые мультимодули. Это примеры ГПС самого высокого уровня организации производства, в которых за основу взяты гибкие модули, обслуживаемые тран-

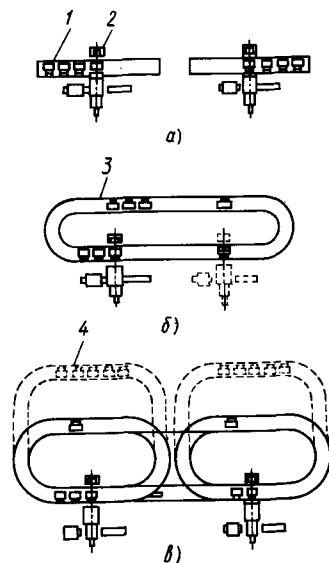


Рис. 115. Компоненты перспективных гибких производственных модулей:
1 — рабочая шпиндельная коробка; 2 — силовой узел; 3 — замкнутый накопитель шпиндельных коробок; 4 — вариант конфигурации накопителя шпиндельных коробок

спортными устройствами. При организации такой ГПС необходимо тщательно проанализировать использование всех ее функциональных возможностей.

В настоящее время развитие ГПС в Японии связывается с появлением гибких производственных модулей нового поколения, обладающих большими функциональными возможностями, высокой производительностью и гибкостью.

2.4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГПС

Программное обеспечение ГПС — это обобщенное название системного и прикладного программно-математического обеспечения ЭВМ, реализующего определенный набор функциональных задач управления ГПС. Программное обеспечение находится под влиянием прогресса в области ЭВМ, устройств для обработки информации, а также в области развития алгоритмических языков. Все это определяет его развитие в нескольких направлениях. Сейчас во всех странах мира насчитывается свыше 200 ГПС; все они оснащены соответствующими пакетами прикладных программ. Проблемы программно-математического обеспечения ГПС в научно-технической литературе освещены крайне слабо. В частности, это относится и к сборнику «ГПС Европы и США» [1].

В настоящем разделе предпринимается попытка исследовать проблемы программного обеспечения ГПС на основе опубликованных данных. Прежде всего будет раскрыта структура программно-математического обеспечения ГПС, описаны программы управления производством, в состав которого входят ГПС. Будут рассмотрены информационно-управляющие структуры, вопросы структуры аппаратного обеспечения, основные тенденции в программном обеспечении современных ГПС и некоторые конкретные примеры.

Структура программно-математического обеспечения

Система программного обеспечения производства и программно-математическое обеспечение ГПС. Как уже было отмечено, ГПС разрабатывались как производственные системы, ориентированные на среднее и мелкосерийное производство [2]. Этот факт имеет тот смысл, что ГПС

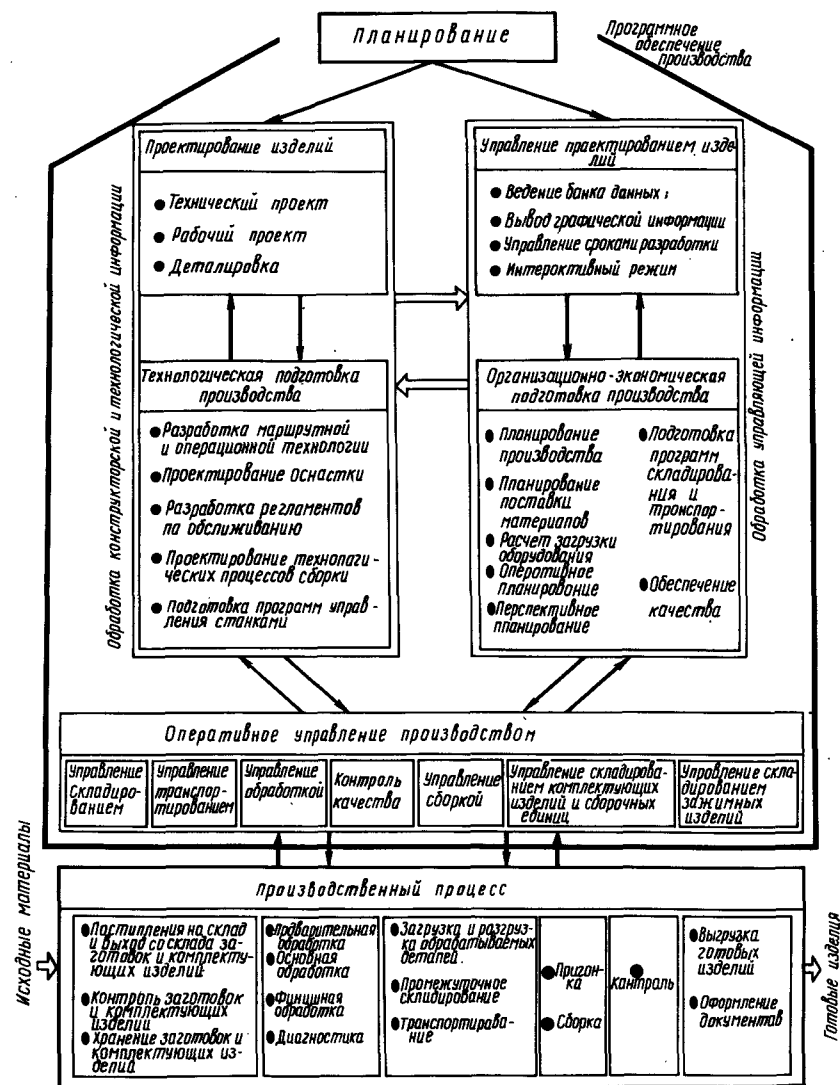


Рис. 116. Структура производственной системы

представляет одно из направлений производства. Рассматривая математическое обеспечение ГПС, необходимо шире анализировать структуры программного обеспечения производственных систем.

Программное обеспечение производственных систем в общем случае может быть определено как система программ управления производственным процессом. Структура программ, как показано на рис. 116 [3], состоит из системы планирования, системы обработки конструкторской

и технологической информации, системы обработки управляющей информации и системы оперативного управления производством. Таким образом структура системы управления ГПС включает системы программного и аппаратного обеспечения.

Сущность программного обеспечения ГПС. Пакет прикладных программ ГПС включает в себя:

- а) программы управления производством;
- б) программы обработки управляющей информации;
- в) программы обработки технологической информации;
- г) программы нового проектирования.

Программы управления производством осуществляют обработку информации, имеющей отношение к управлению станками в процессе изготовления деталей, а также к транспортированию и хранению заготовок и т. п. Программы обработки управляющей информации предназначены главным образом для подготовки производства и могут содержать расчеты планов загрузки оборудования, поставки материалов и др. Обширные данные, получаемые посредством этих программ, служат входной информацией при управлении производством.

Программы обработки технологической информации реализуют обработку данных, относящихся к технологической подготовке производства.

Программы нового проектирования (п. «г») позволяют прогнозировать введение изменений в изделия в будущем. Они имеют дело с обработкой информации, соответствующей новому проекту.

Кроме того, в структуре, показанной на рис. 116, предусмотрена система планирования по видам и количеству выпускаемых деталей, а также по другим направлениям деятельности предприятия.

Программы управления производством

Основная структура. Программы проектирования и эксплуатации ГПС должны содержать большое количество данных, необходимых на всех этапах производственного процесса. На рис. 117 показаны общая структура программного обеспечения ГПС и потоки информации.

Структура программ управления производством показана на рис. 118. В этих программах реализуются функции управления данными, процессом обработки на станках, слежения за работой устройств ГПС, учета фактических результатов, управления в соответствии с производственной ситуацией и др.

Программы управления производством используют многоаспектную информацию, представленную в табл. 15. Вся информация подразделяется на три группы:

- данные, передаваемые из систем высшего уровня;
- данные, передаваемые из систем низшего уровня;
- данные, связанные с обработкой информации двух первых групп.

Примеры программ управления производством. В ГПС желательно реализовывать следующие типы программ управления производством:

- а) иерархические, построенные в соответствии со структурой сетей управляющих ЭВМ;

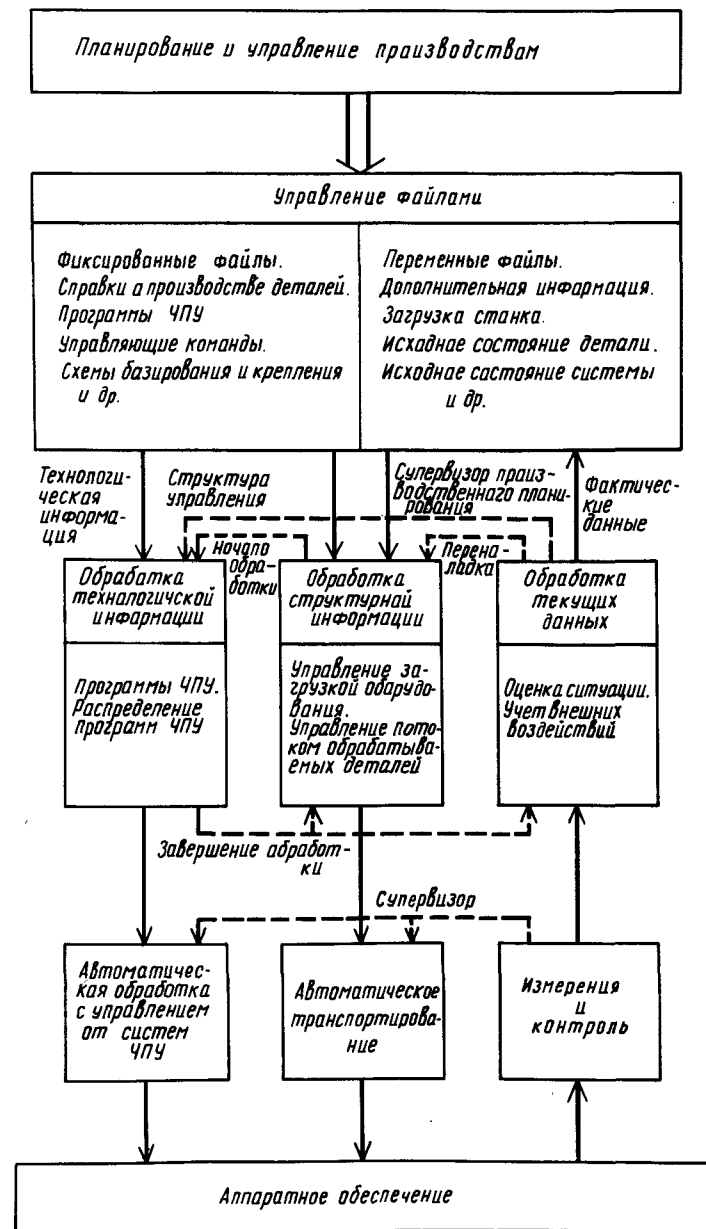


Рис. 117. Потоки информации по ГПС

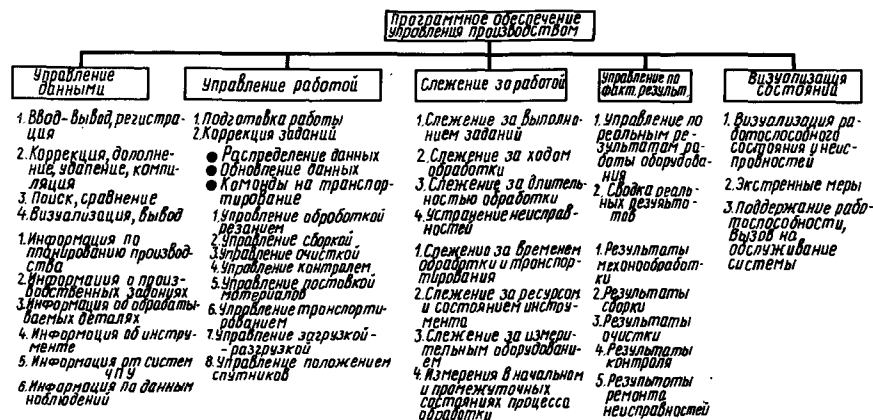


Рис. 118. Структура программного обеспечения системы управления

б) модульные;

в) с диалоговым вводом информации.

Ниже приведено краткое описание трех примеров, иллюстрирующих пункты а, б и в.

15. Основные данные, связанные с программным обеспечением производства

- А. Основные данные, передаваемые из системы высшего уровня: программы ЧПУ; данные об инструменте; данные по планированию обработки и транспортированию изделий; данные по планированию контроля за обработкой;
- Б. Данные, передаваемые из системы низшего уровня: данные о состоянии оборудования; реальные данные о работе; реальные данные об используемых инструментах; данные о спутниках.
- В. Информация, связанная с обработкой данных по пунктам А и Б: данные для каждого из обрабатываемых деталей, определяемые последовательностью обработки и транспортирования, программами ЧПУ, планом контроля, реальными результатами работы на станках; данные, определяющие соответствие между ресурсом инструмента, результатами его эксплуатации и количеством инструмента, вышедшего из строя; данные для оптимизации процессов обработки

1. ГПС фирмы «Шерман» (ФРГ) [4, 5]. ГПС разработана для обработки крупногабаритных деталей сельскохозяйственных машин. На рис. 119 показана структура ее программного обеспечения. Система включает три иерархических уровня: верхний (1), средний (2) и нижний (3). При этом элементы программно-математического обеспечения имеют модульную структуру. Система управления состоит из подсистем управления производством, транспортированием, диагностики и т. д. (всего восемь модулей). Функциональная структура управления обеспечивает:

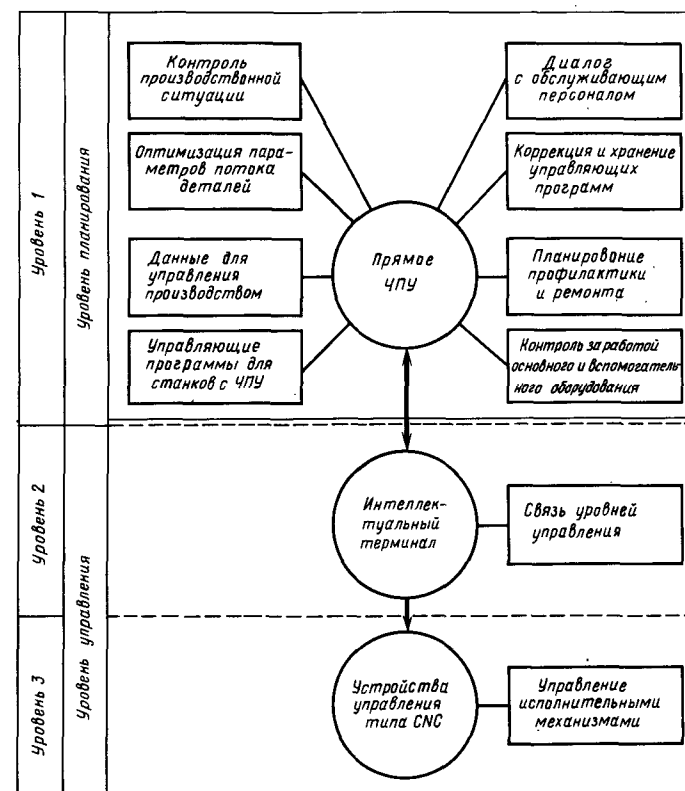


Рис. 119. Структура программного обеспечения ГПС фирмы «Шерман»

- А. по подсистеме прямого управления: организацию библиотеки управляющих программ, их хранение, распределение, копирование, запись, удаление, коррекцию; ведение каталога управляющих программ; поиск и выдачу управляющей программы;
- Б. по подсистеме управления потоком деталей и оперативного управления производством: контроль времени обработки; визуализацию состояния производственного процесса и оборудования; распределение управляющей информации по гибким производственным модулям; учет изменений в технологическом маршруте и сбоев в подсистемах и механизмах ГПС;
- В. по подсистеме инструментального обеспечения: контроль ресурса работы инструмента; управление подачей инструмента к станкам; коррекцию и хранение информации об инструментах; план замены инструмента при выработке им ресурса;

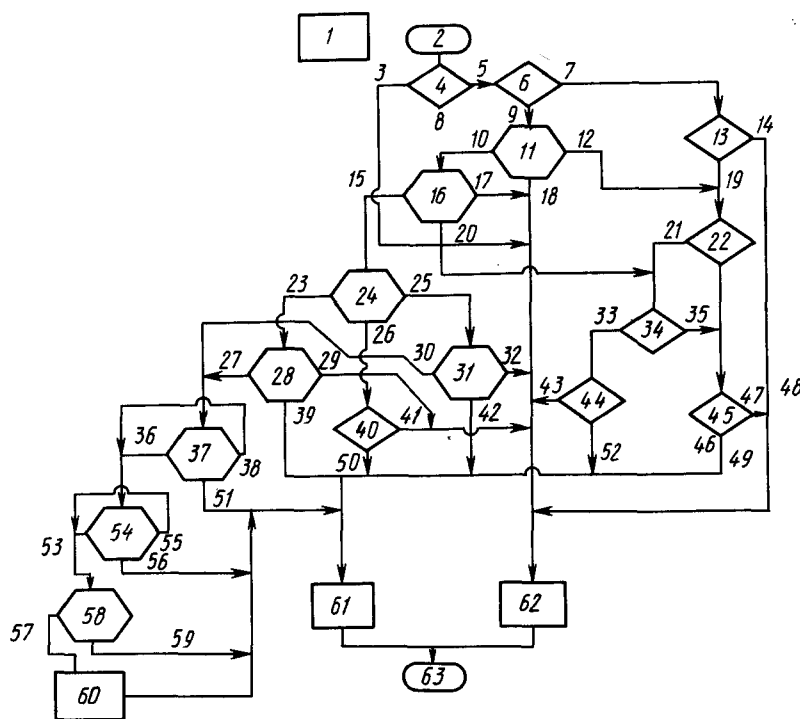


Рис. 120. Организация работы в гибких производственных модулях:

1 — загрузка; 2 — модуль А; 3 — «нет»; 4 — система транспортирования; 5 — «да»; 6 — есть ли другой механизм?; 7 — «нет»; 8 — начальная позиция; 9 — «да»; 10 — замена; 11 — возможно ли использование?; 12 — только один станок; 13 — возможность использования станка; 14 — «нет»; 15 — замена; 16 — определение позиции; 17 — «нет»; 18 — невозможность использования одного станка; 19 — «да»; 20 — только один станок; 21 — «да»; 22 — определена ли позиция?; 23 — замена; 24 — возможно ли использование позиции?; 25 — «нет»; 26 — только один станок; 27 — замена; 28 — свободна ли позиция для установки?; 29 — «нет»; 30 — замена; 31 — свободен ли стол?; 32 — блокировка; 33 — «да»; 34 — возможность повторного использования позиции; 35 — «нет»; 36 — замена; 37 — загружена ли программа ЧПУ?; 38 — «нет»; 39 — только один станок; 40 — свободна ли позиция для установки?; 41 — «нет»; 42 — установлена ли на станке заготовка?; 43 — «нет»; 44 — свободна ли рабочая позиция?; 45 — есть ли другие функции?; 46 — «да»; 47 — «нет»; 48 — группирование станков в отдельный участок; 49 — свободен ли стол и можно ли использовать позицию для установки спутника?; 50 — «да»; 51 — только один станок; 52 — «да»; 53 — замена; 54 — достаточен ли ресурс инструмента?; 55 — «нет»; 56 — только один станок; 57 — время ожидания; 58 — наименьшее время ожидания; 59 — назначение станков; 60 — кратчайший путь; 61 — возможность транспортирования; 62 — невозможность транспортирования; 63 — свободен ли стол?

Г. по подсистеме оперативного учета:
 учет изготовленной продукции;
 сбор статистических данных по простоям подсистем и основных элементов (с причинами неисправностей);
 учет фактического износа инструментов и расхода энергии;
 расчет затрат на обработку;
 запись данных о фактических силовых нагрузках при обработке;
 учет инструментов, выработавших ресурс.

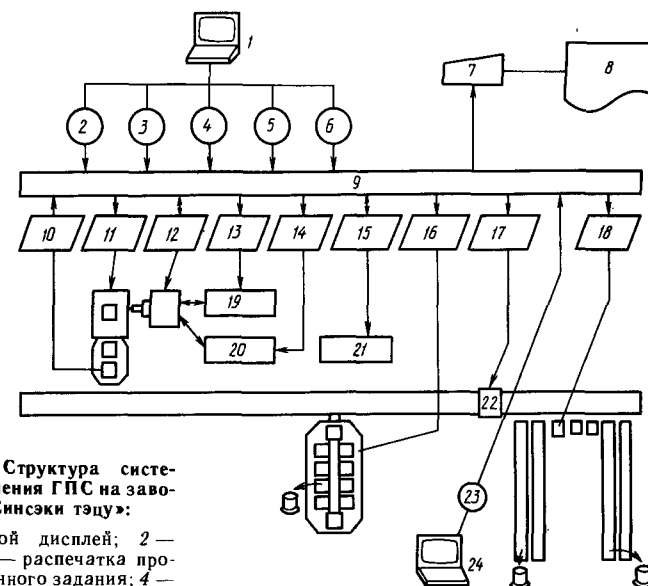


Рис. 121. Структура системы управления ГПС на заводе «Синьски тэцу»:

1 — цветной дисплей; 2 — АЦПУ; 3 — распечатка производственного задания; 4 — технологическая информация; 5 — данные плана; 6 — учетная информация; 7 — информация по смежному производству; 8 — диагностическая информация; 9 — мини-ЭВМ; 10 — данные идентификации спутников; 11 — команды на автоматическую замену спутников; 12 — информация о состоянии процесса обработки; 13 — данные для систем ЧПУ; 14 — диагностические данные о процессе обработки; 15 — команды на изменение режима работы; 16 — информация о состоянии накопителя спутников; 17 — информация о работе роботов; 18 — информация о работе транспортных устройств; 19 — автоматическая замена спутников; 20 — станок с ЧПУ; 21 — устройство ЧПУ; 22 — монитор; 23 — пульт управления; 24 — промышленный робот; 25 — накопитель спутников; 26 — автоматический накопитель спутников; 27 — дисплей; 28 — устройства загрузки-разгрузки

В качестве примера на рис. 120 приведена структура подсистемы управления потоком деталей и оперативного управления производством.

2. ГПС для обработки герметизирующих блоков на заводе «Синьски тэцу». Она имеет структуру, приведенную на рис. 121. Программное обеспечение системы описано в табл. 16. Особенности системы являются:

возможность диалогового режима;

16. Структура программного обеспечения

Наименование подсистемы	Состав функциональных задач
Обработка информации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прямое числовое управление 2. Подготовка и организация выполнения производственного плана 3. Подготовка плана инструментального обеспечения и его реализация 4. Управление транспортированием деталей

Наименование подсистемы	Состав функциональных задач
Оптимизация режимов работы оборудования	1. Управление режимами обработки 2. Адаптивное управление
Контроль работы оборудования	1. Контроль систем ЧПУ 2. Контроль за автоматическим транспортированием 3. Контроль работы вспомогательных устройств 4. Контроль за работой устройств автоматики 5. Контроль идентификации спутников
Контроль состояния процесса обработки	1. Контроль за процессом обработки 2. Контроль ресурса инструмента
Учет	1. Учет фактических результатов работы системы

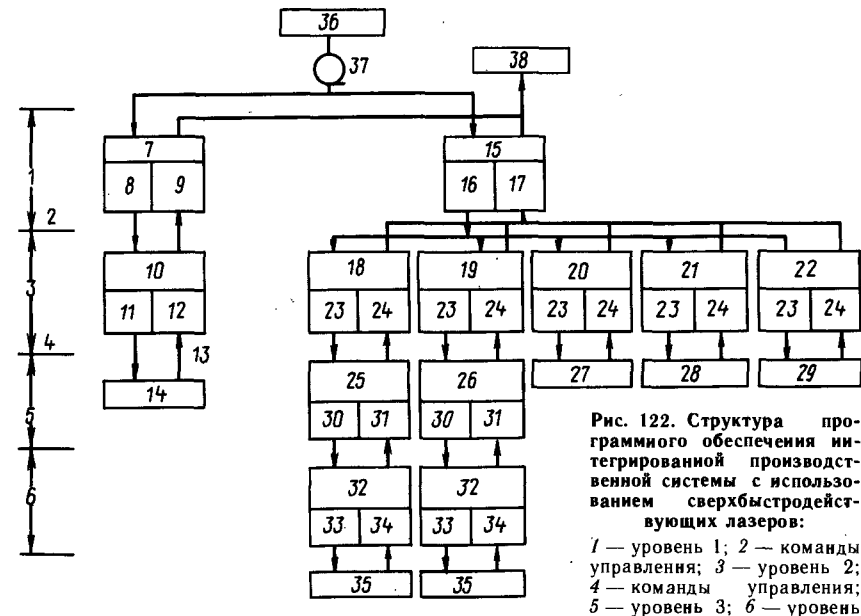


Рис. 122. Структура программного обеспечения интегрированной производственной системы с использованием сверхбыстродействующих лазеров:

1 — уровень 1; 2 — команды управления; 3 — уровень 2; 4 — команды управления; 5 — уровень 3; 6 — уровень

4; 7 — устройство управления; 8 — управляющая программа; 9 — обратная связь; 10 — устройство управления; 11 — управляющее воздействие; 12 — обратная связь; 13 — содержание информации обратной связи (диагностика дефектов, сигнал окончания обработки и т. д.); 14 — устройство формообразования; 15 — устройства управления; 16 — управляющая программа; 17 — обратная связь; 18 — устройство управления металлорежущим оборудованием; 19 — устройство управления сборочным оборудованием; 20 — устройство управления диагностическим оборудованием; 21 — устройство управления транспортным оборудованием; 22 — устройство управления лазерной обработкой; 23 — управляющая программа; 24 — обратная связь; 25, 26 — устройства управления гибкими производственными модулями X_d ; 27 — устройство диагностики; 28 — транспортные устройства; 29 — лазерные устройства; 30 — управляющая программа; 31 — обратная связь; 32 — приводы; 33 — управляющая программа; 34 — обратная связь; 35 — рабочие (силовые) узлы

возможность перехода на режимы ручного и автоматического управления;

возможность возвращения к прерванному плану обработки после выполнения срочных заказов или устранения неисправностей;

автоматическое выключение электропитания после выполнения плановых заданий.

3. Третий пример. Это крупномасштабный японский проект интегрированной производственной системы, использующей сверхбыстродействующие лазеры. На рис. 122 показана структура программного комплекса ГПС и системы управления. Основные функции управления затрагивают обработку, сборку, диагностику, транспортирование, обработку данных, контроль за работой станков и т. д. Система управления представляет собой иерархический набор модулей. Этот проект подробно описывается во втором разделе третьей главы. Если говорить об особенностях третьего примера, то это первая в стране попытка создания ГПС такого рода [9]. Пример системы управления гибкими производственными модулями, используемыми в этой системе, приведен на рис. 123. Система управления подразделяется на подсистему генерации управляющей информации и подсистему управления. Эти подсистемы функционируют во взаимосвязи через базу данных. На рисунке показана версия, соответствующая программному обеспечению ГПС, управляемой по каналам телефонной связи.

Структура аппаратного обеспечения. ЭВМ и периферийные устройства, управляющие обработкой информации, разнообразны. Из года в год номенклатура этих устройств увеличивается.

Общая классификация ЭВМ, используемых для управления производством, показана на рис. 124. До настоящего времени для управления производством в ГПС чаще применялись мини-ЭВМ. Начиная с 1980 г. в Японии возрастает применение микро-ЭВМ.

Следует отметить, что в случаях применения и мини-, и микро-ЭВМ возникают трудности, связанные с недостаточной мощностью процессора, объема памяти и т. д. Задачи, решаемые при управлении ГПС на современных мини-ЭВМ, могут быть решены и посредством микро-ЭВМ; причем сейчас преобладает именно эта тенденция. Следовательно, структура предлагаемого аппаратного обеспечения предполагает отказ от традиционных решений. Что же касается мини-ЭВМ, то их технические данные сильно изменяются в зависимости от типа ЭВМ. Управление, оцениваемое по единственному критерию — оперативной памяти, иллюстрируется табл. 17.

В других странах часто используют объемы памяти в 32—64 К слов, в Японии же наиболее распространены ЭВМ с объемом памяти менее 32 К слов. С тех же позиций, что и оперативная память, рассматриваются размеры внешней памяти. В табл. 18 показаны различные варианты в диапазоне от 128 К слов до 4,8 М слов. Средней наиболее используемой величиной является объем памяти в 63 М.

Анализ показывает, что количество интеллектуальных терминалов имеет тенденцию к увеличению. Прогресс в использовании терминальных устройств тесно связан с уменьшением их стоимости.

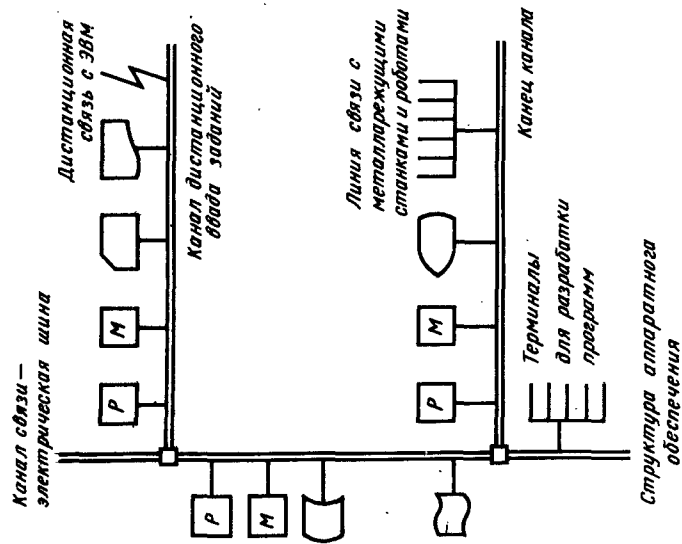
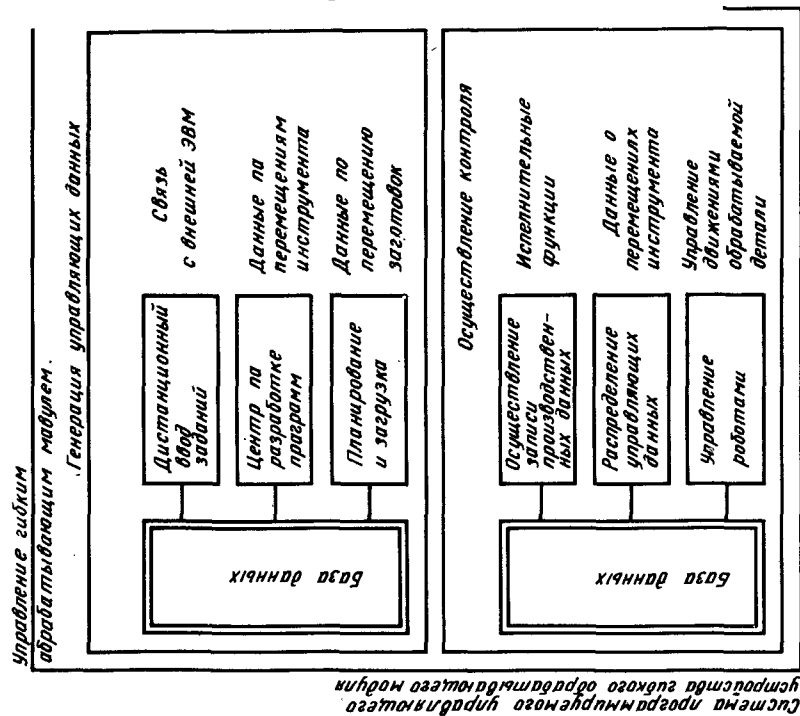
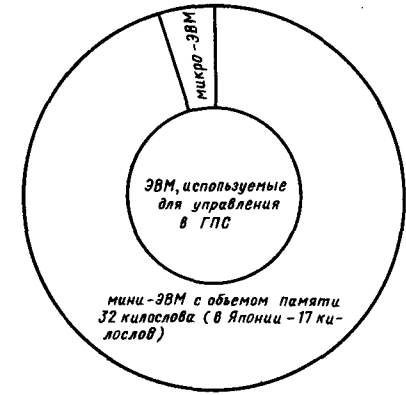


Рис. 123. Система управления ГПС, разработанной в Норвегии

Рис. 124. Классификация ЭВМ, применяемых для управления производством



17. Объем оперативной памяти мини-ЭВМ для управления ГПС

Объем памяти, К слов	За рубежом	в Японии	Всего
8	1	3	4
12	0	2	2
16	2	2	4
32	5	4	9
48	1	2	3
64	3	0	3
128	1	2	3
256	1	0	1
Итого	14	15	29

18. Объем внешней памяти мини-ЭВМ для управления ГПС (магнитные диски, магнитные барабаны)

Объем памяти, М, К слов	За рубежом	В Японии	Всего
128 К слов	0	3	3
256 К слов	0	3	3
512 К слов	1	1	2
1 М слово	1	1	2
1,2 М слова	0	2	2
2,0 М слова	1	0	1
2,5 М слова	1	1	2
3,6 М слова	1	0	1
4,8 М слова	0	2	2
63 М байта	1	0	1
Итого	6	13	19

Пример структуры системы управления на основе ЭВМ. Как указывалось выше, для управления ГПС может использоваться или мини-ЭВМ или микро-ЭВМ.

1. Пример системы на основе мини-ЭВМ.

Стандартные структуры на основе мини-ЭВМ показаны на рис. 125—127. На рис. 125 изображена структура управления в системе, разработанной западногерманской фирмой «Телефунке» для производства валов электрических двигателей 153 типов бытовых электроприборов. Использовалась ЭВМ AEG80-20, которая иерархически связана с ЭВМ высшего уровня, предназначенной для оперативного планирования производства, и с ЭВМ, предназначенной для перспективного планирования производства (большая ЭВМ).

На рис. 126 показан аналогичный пример иерархического управления от ЭВМ. Эта система была разработана западногерманской фирмой «Макс Мюллер» и фирмой «Кольб» и смонтирована в научно-исследовательском институте металлорежущих станков Берлинского технического

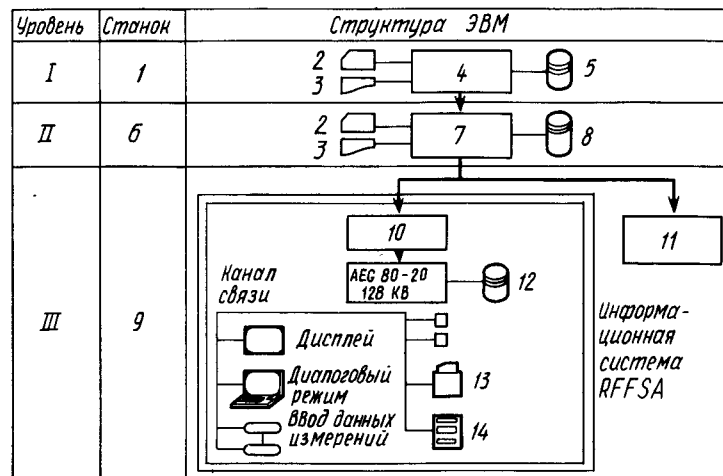


Рис. 125. Пример ГПС, управляемой мини-ЭВМ (фирма «Телефункен»):
 1 — перспективное планирование; 2 — ввод данных; 3 — вывод данных; 4 — ЭВМ для планирования; 5 — банк долговременных данных; 6 — оперативное планирование и учет хода производства; 7 — ЭВМ; 8 — банк оперативных данных; 9 — обработка конструкторской и технологической информации; 10 — интерфейс; 11 — управление периферийными устройствами; 12 — сменный диск; 13 — устройство для считывания информации; 14 — пульт ввода данных

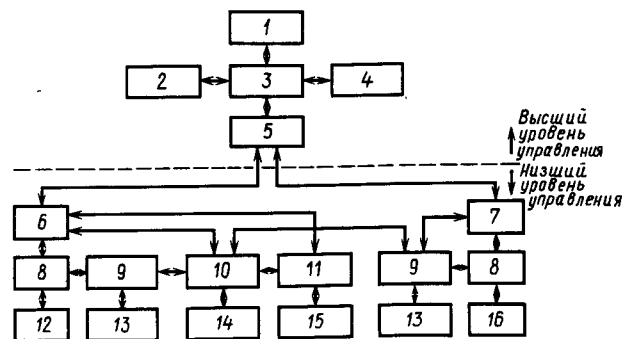


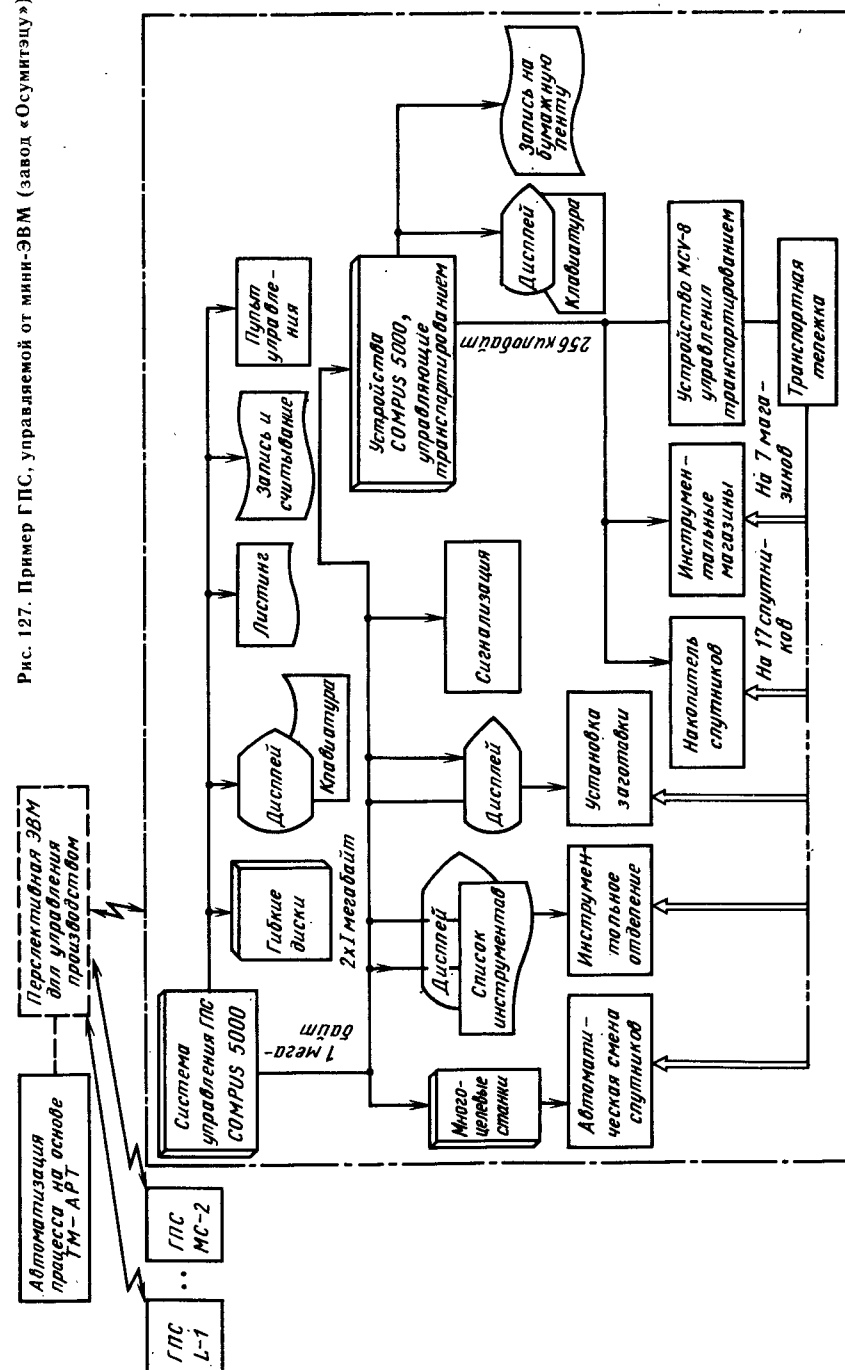
Рис. 126. Пример системы управления ГПС (совместная разработка фирм «Макс Мюллер», «Кольб» и Технического университета Зал. Берлина):

1 — центральная ЭВМ (высшего уровня); 2 — память; 3 — ЭВМ низшего уровня; 4 — периферийное устройство; 5 — распределительное устройство; 6, 7 — устройства группового управления станками с ЧПУ; 8 — устройство ЧПУ; 9 — управление роботами; 10 — управление роляковым транспортом; 11 — управление монорельсовым транспортом; 12 — фрезерно-расточный станок; 13 — робот; 14 — роляковый транспортер; 15 — монорельс; 16 — токарный станок

университета. Она имеет двухуровневую структуру, содержащую ЭВМ верхнего уровня и мини-ЭВМ, предназначенные для решения ряда производственных задач.

На рис. 127 показан пример ГПС, эксплуатирующейся в Японии, разработанной фирмой «Окума» и внедренной в 1982 г. на заводе «Осумитэцу». Система также построена по иерархической схеме.

Рис. 127. Пример ГПС, управляемой от мини-ЭВМ (завод «Осумитэцу»)



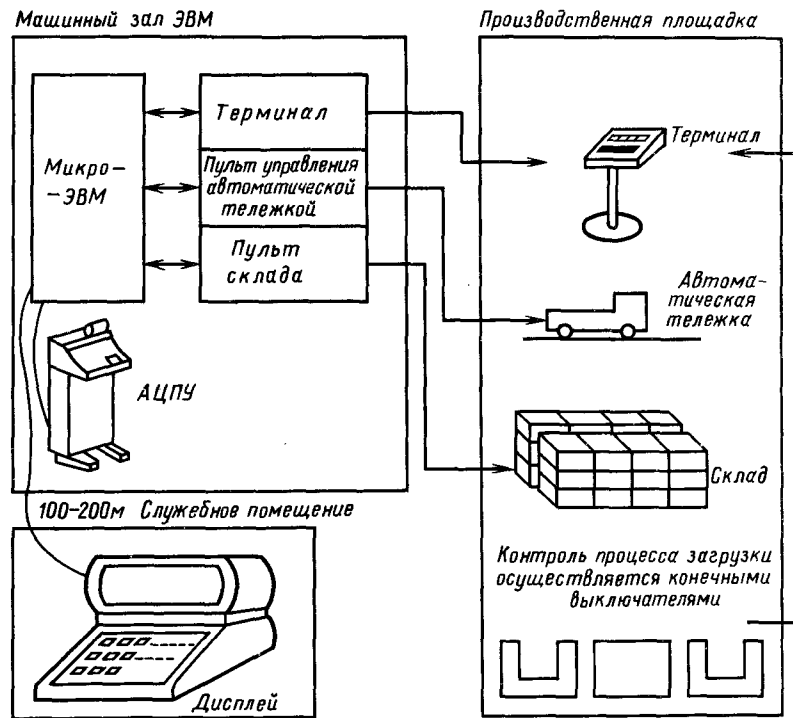


Рис. 128. Пример ГПС, управляемой микро-ЭВМ (совместная разработка фирмы «Комацу фокурифта» и завода «Комацу»)

2. Пример системы на основе микро-ЭВМ.

На рис. 128 показан пример структуры системы управления ГПС на основе микро-ЭВМ. ГПС разработана в результате сотрудничества фирмы «Комацу фокурифта» и завода «Комацу» и предназначена для производства деталей самосвалов 130 типов. Управление осуществляется микро-ЭВМ (ПЗУ на 4 К слов, память на магнитных сердечниках на 32 К слов), находящейся в центральной конторе фирмы.

3. Пример сетевой структуры из мини- и микро-ЭВМ.

В примерах 1 и 2 рассмотрены

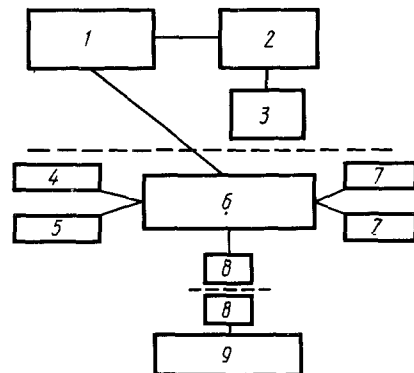


Рис. 129. Пример шведской системы управления на основе сети из мини- и микро-ЭВМ: 1 — интерфейс; 2 — устройство ЧПУ обрабатывающего центра; 3 — хранение программ ЧПУ, записанных на диске; 4 — телекопировальное устройство; 5 — дисплей; 6 — мини-ЭВМ; 7 — гибкий диск; 8 — информационная связь инфракрасными лучами; 9 — микро-ЭВМ для управления краном-манипулятором

структуры с управлением от мини- и микро-ЭВМ в отдельности. Однако, используя, например, для управления транспортированием микро-ЭВМ, а для управления другими устройствами мини-ЭВМ и объединив эти ЭВМ в единую сеть, можно достигнуть повышения эффективности управления. В качестве такого примера на рис. 129 показана структура шведской системы, в которой микро-ЭВМ осуществляет управление краном-манипулятором, а мини-ЭВМ — управление другими устройствами.

Информационная связь двух ЭВМ основана на использовании инфракрасного излучения.

Структура программного обеспечения для автоматизированного проектирования ГПС

При разработке проектов ГПС тщательно исследуются вопросы выбора оборудования компоновочной структуры ГПС в сочетании с методом транспортирования, а также типами транспортных устройств. Вместе с тем возникает необходимость имитационного моделирования работы ГПС для оценки степени достижения заданных при проектировании целей. Для решения перечисленных задач крайне важными являются программы, ориентированные на расчет и проектирование ГПС.

На рис. 130 показан поток информации, обрабатываемой при проектировании ГПС. В левой колонке для каждой из процедур показаны

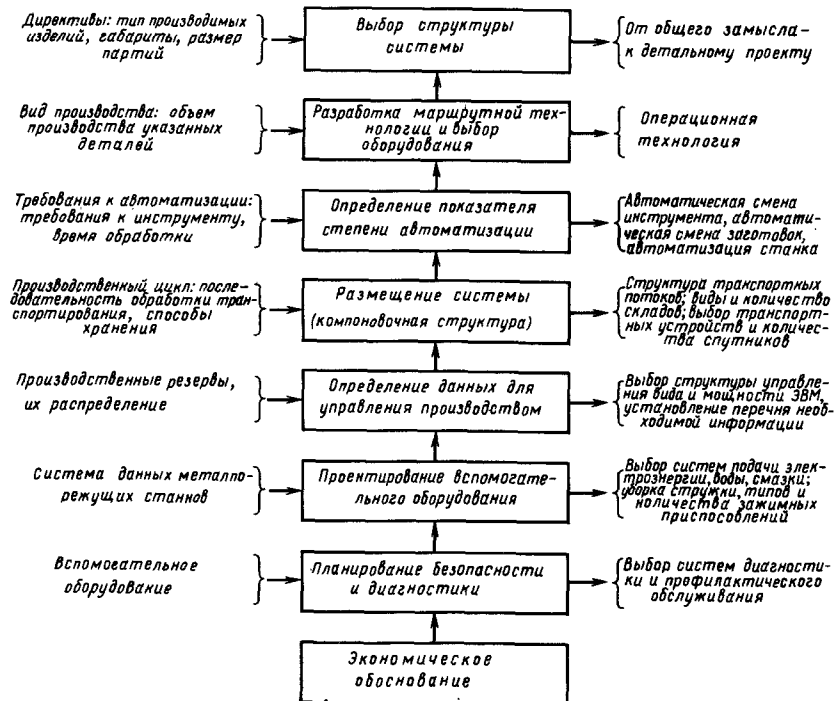


Рис. 130. Структура информации для проектирования ГПС

входные данные, а в правой — выходные. Проект должен содержать и обобщенную, и детальную информацию, однако на этом рисунке учтены лишь основные факторы.

При проектировании в первую очередь должно быть решено, следует ли использовать автономные гибкие производственные модули или гибкую производственную систему. Затем рассчитывают станкочастотность годовой программы выпуска и решают ряд других вопросов. Вслед за этим производится выбор степени автоматизации системы. Если взят курс на безлюдную технологию, то степень автоматизации составляет 100 %. После этого выбирают метод и устройства транспортирования заготовок, обрабатываемых деталей, инструментов. Решаются вопросы размещения этих систем. Кроме того, определяются исходные данные для управления производством, производится выбор остального вспомогательного оборудования. В заключение проводится экономическая оценка системы в целом. На рисунке опущены линии, указывающие на наличие обратных связей, но само собой разумеется, что каждая процедура замкнута обратной связью по отношению к процедуре, находящейся на более высоком иерархическом уровне. По завершении подготовки программного обеспечения проектирования ГПС следуют этапы его проверки. Наиболее важным следует считать диагностику программ, расчет станкочастотности годовой программы обработки, а также программы выбора компоновочных структур и размещения оборудования.

Автоматизация выбора станков для ГПС проводится на основе:

- а) программ, анализирующих существующие станки, например многоцелевые станки и токарные центры, в соответствии с технологическими группами обрабатываемых деталей;
- б) программ, синтезирующих новые металлорежущие станки в соответствии с номенклатурой обрабатываемых деталей.

Смысл первого метода заключается в совершенствовании комбинаторного процесса, использующего ЭВМ. Второй метод представляет собой вариант САПРа металлорежущих станков с соответствующим программным обеспечением. В настоящее время первый вариант является основным. Но, вероятно, в будущем второй метод станет преобладающим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГПС Европы и США.— Масинисуту, 1981.
2. Ивата Х. Программное обеспечение ГПС. 9-й научно-исследовательский семинар по изучению гибкой автоматизации. Сентябрь, 1981, с. 9—16.
3. Ивата Х. и др. Изучение производственных систем.— Корона, 1982, с. 8.
4. ГПС Европы и США.— Масинисуту, 1981, с. 132—133.
5. Н. Schulz, Н. Weseslindtner: Software für flexible Fertigungssysteme. Zwf 75 (1980) pp. 370—375.
6. Имасима Т. Система обработки блоков цилиндров.— «Сэйки гаккай», 1982, № 5, с. 42—51.
7. Одзаки С. Интегрированные производственные системы.— «Кикай сэккэй», 1981, 24, № 14, с. 109—133.
8. Интегрированные производственные системы, использующие лазеры. Сборник публикаций промежуточных результатов исследований. Технический индустриальный институт Министерства международной торговли и промышленности. 1981, № 12.

9. ГПС Европы и США.— Масинисуту. 1981, с. 183—185.
10. ГПС Европы и США.— Масинисуту. 1981, с. 134—135.
11. ГПС Европы и США.— Масинисуту. 1981, с. 171—173.
12. ГПС фирмы «Окума». 1982, № 4.
13. Цудзико. Автоматические транспортные системы.— «Ниппон кикай гаккай», 1981, № 6, с. 71—83.
14. ГПС Европы и США.— Масинисуту. 1981, с. 156—157.
15. Ивата Х. Борьба за системы автоматизированного производства, повышающие его эффективность. 1981, № 12.

Глава 3

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ГПС

В исследованиях, связанных с гибкими производственными системами, особое внимание привлекают к себе так называемые интегрированные производственные системы. Эти системы начали развиваться с 1977 г. по инициативе управления по развитию промышленной технологии. В этой главе рассказывается о технологических аспектах программы развития гибкого производства, включая обработку резанием, сборку, контроль и программное обеспечение. Исследования и разработки в первую очередь направлены на снижение стоимости, стабильное извлечение прибыли и достижение технологических преимуществ. Анализ перспектив развития ГПС приводит к некоторым ценным выводам.

3.1. БЕЗЛЮДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Введение. В переходе от обычных механических цехов к цехам, работающим без участия человека, т. е. к так называемому безлюдному производству, есть очень много ступеней. В производстве имеются все стадии от подготовки сырья до отправки готовых изделий. Поэтому всегда будут потенциальные возможности для внедрения безлюдного производства, которое сопровождается довольно сложными технико-экономическими проблемами. Сокращение численности работающего персонала при переходе к бригадному методу обслуживания станков часто приводит к увеличению расходов. Поэтому необходимы компромиссные решения, касающиеся сокращения численности работающего персонала.

Одним из проявлений такого подхода является организация работы в ночное время. Непрерывная круглосуточная работа обеспечивает значительное повышение производительности труда, и если в ночную смену удастся организовать работу по безлюдной технологии, то тем самым решается не только экономическая, но и социальная проблема.

К настоящему времени систем с работой в ночное время без участия человека довольно много. В них в той или иной степени решены следующие технические проблемы:

1. Автоматическая эвакуация стружки и СОЖ.
2. Стабилизация точности обработки путем автоматического введения коррекций и автоматическое охлаждение.
3. Использование устройств автоматического управления технологическим процессом обработки:

- слежение за параметрами процесса резания;
 - контроль и прогнозирование состояния инструмента, учет его ресурса.
4. Повышение производительности процесса резания:
 - введение систем адаптивного управления;
 - организация автоматической загрузки-разгрузки заготовок; полуфабрикатов, деталей;
 - организация автоматической смены инструмента (включая смену инструментальных магазинов).
 5. Автоматическая диагностика неисправностей, включая их прогнозирование.

Представление об интеграции. В проекте MUM [1] даны общие концепции принципа интеграции и принципов построения безлюдного производства. Изложены методы организации складирования обработанных деталей, автоматизации подбора деталей и их сборки. Для автоматизации сборочных операций необходимо весь процесс разложить на составные элементы и использовать промышленные роботы с большим числом степеней свободы. При этом важно учитывать ряд технологических аспектов.

Например, чтобы установить вал в отверстие, при обработке этого отверстия запоминаются положение его оси и диаметр. При обработке вала со станка также получается информация о диаметре этого вала и положении его оси. Эта совокупная информация обрабатывается и передается на сборочную позицию.

Поскольку оба указанных вида работы выполняются во взаимосвязи

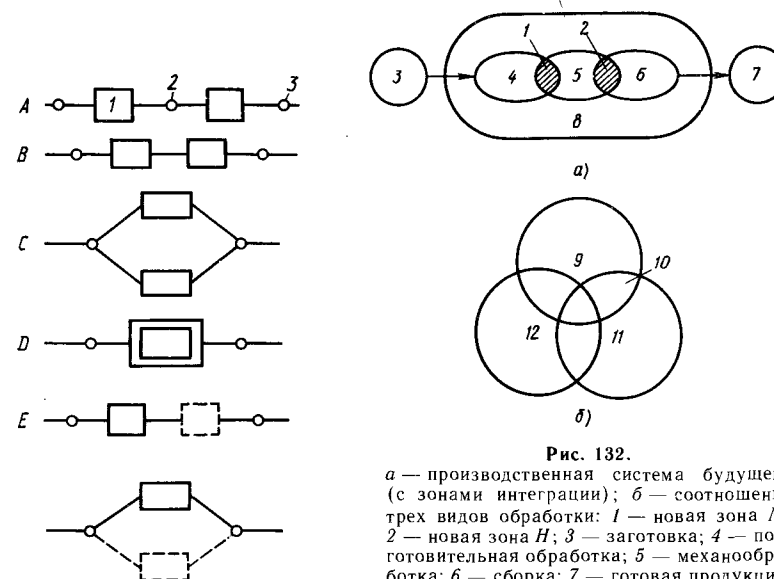


Рис. 132.

а — производственная система будущего (с зонами интеграции); б — соотношение трех видов обработки: 1 — новая зона М; 2 — новая зона Н; 3 — заготовка; 4 — подготовительная обработка; 5 — механообработка; 6 — сборка; 7 — готовая продукция; 8 — контроль, транспортировка, складирование; 9 — механообработка; 10 — зона интегрирования; 11 — сборка; 12 — подготовительная обработка

Рис. 131. Классификация условий интеграции

и последовательно, производственный процесс в такой системе называют интегрированным.

На рис. 131 показаны операции обработки и сборки. *A*: после завершения одной операции осуществляются операции контроля и транспортирования. *B*: межоперационное транспортирование и контроль выполняются как одна технологическая операция; *C*: одновременно выполняется несколько технологических операций. В этом случае можно применить многшпиндельный станок. *D*: идеальный случай интеграции, когда одновременно с одного установка производится несколько операций. (Например, одновременно производится обработка вала и нарезание резьбы на нем).

По этим схемам можно судить о степени интеграции производства. Можно говорить о полной автоматизации сборки, так как автоматизация дает основу для интеграции производства. На рис. 132 показано, как должны быть распределены сферы, в которых идет только обработка, только сборка и сфера интегрированного производства. Именно сфера интеграции стала объектом пристального внимания при научно-техническом планировании развития производства, и, начиная с 1977 г., появились интегрированные производственные системы.

Для машиностроения мелкосерийное производство особенно характерно, поэтому весьма важной задачей является рационализация его технологии. Для комплексного развития машиностроения необходимо решение всех взаимосвязанных технологических проблем.

3.2. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Развитие систем. В Японии сделаны определенные шаги в практическом использовании интегрированных производственных систем в соответствии с перспективным планом научно-технического развития. Идет разработка отдельных аспектов и систем в целом, разворачивается производство модулей и ячеек из различного оборудования для встройки в указанные системы.

Рассмотрим кратко некоторые проблемы интегрированных производственных систем.

Смысл интегрированных производственных систем заключается в объединении операций обработки и сборки, причем достижению этой цели способствует автоматизация процессов сборки. Сборка простых изделий уже налажена довольно хорошо. Без автоматизации сборочных процессов в настоящее время обойтись невозможно. Такие системы могут быть построены по следующим различным принципам: сборка осуществляется параллельно с обработкой, т. е. предварительно собранные детали могут возвращаться на дополнительную обработку и т. д., или сборка следует непосредственно за обработкой. Поскольку оба эти варианта представляют собой интеграцию производства, то и системы, в которых используется такой способ производства, называются интегрированными производственными системами.

На рис. 133 приведена компоновочная структура интегрированной производственной системы. В любой подобной системе осуществляется эффективное сочетание всех функциональных возможностей на всех

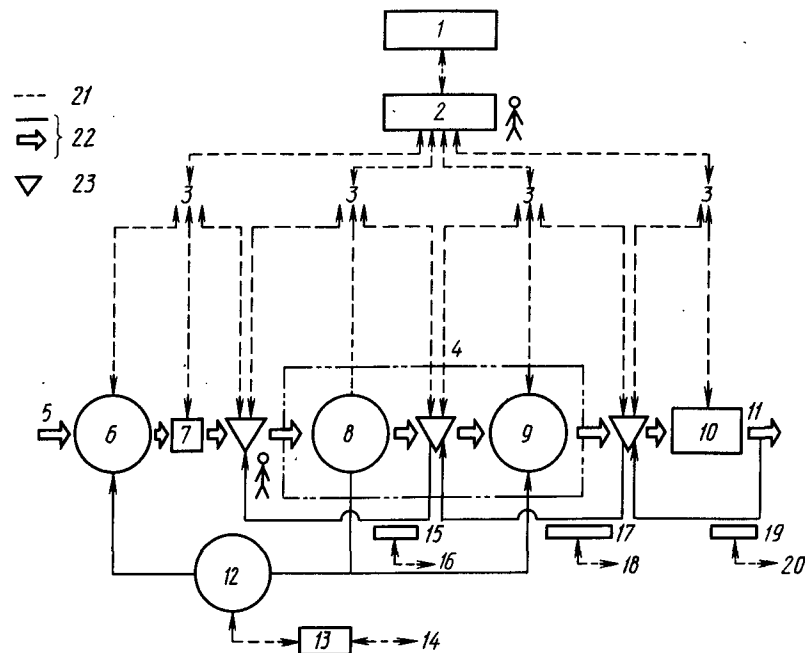


Рис. 133. Типичная структура:

1 — центральная ЭВМ; 2 — устройство управления производственным участком; 3 — контроллер; 4 — интегрированная структура обработки; 5 — заготовки; 6 — участок подготовительной обработки; 7 — позиция контроля заготовки; 8 — интегрированная механо-обработка; 9 — интегрированная сборка; 10 — участок контроля изделия; 11 — готовая продукция; 12 — лазерная установка; 13 — контроллер; 14 — управляющее устройство; 15 — позиция ожидания инструмента; 16 — контроллер; 17 — позиция ожидания деталей; 18 — контроллер; 19 — спутники; 20 — информационные потоки; 21 — подача обрабатываемых изделий; 22 — накопительные станции

операциях от подачи материалов до выпуска готовых изделий. В данной системе такое сочетание получило дальнейшее развитие. В соответствии с требованиями мелкосерийного производства производятся обработка, сборка и выпуск большого количества разнородных изделий. Кроме того, между операциями обработки и сборки не требуется промежуточного складирования и не тратится время на ожидание сборки. Поэтому детали должны обрабатываться комплектно в соответствии с требованиями сборочных процессов. Эти положения находят отражение в производственных заданиях, разрабатываемых в подобных системах. Обработка идет в соответствии с требованиями сборочного участка и нужная деталь поступает на сборку в требуемое время.

На рис. 134 в обобщенном виде показан модульный принцип компоновки станков. Это пример объединения соответствующих узлов в структуру, состоящую из кубических элементов (500 мм). Если исследовать общие требования, предъявляемые к технологическому процессу обработки в серийном производстве, то становится очевидным, что для повышения гибкости необходимо повысить количество сменных устройств,

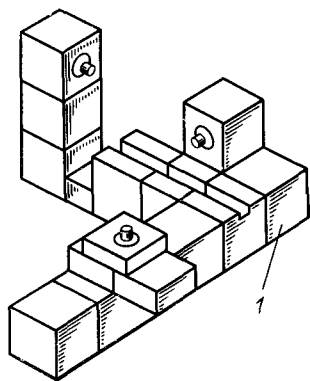


Рис. 134. Модульная структура:
1 — модуль

несущих инструмент (коробок, головок).

На рис. 135 показана блок-схема процесса исследования современной интегрированной производственной системы. На рис. 136 приведен эскиз перспективной экспериментальной ГПС, находящейся в стадии внедрения. Ее основные сравнительные характеристики:

1. Обрабатываемые изделия: — масса 500 кг
— максимальные габариты 1000 мм
— количество типов 300
2. Обслуживающий персонал: сокращение на 50 % по сравнению с действующей системой
3. Количество технологических операций: сокращение на 60 %.

Интегрированные системы для механической обработки. Технологию обработки металлов резанием в интегрированных производственных системах можно изменять, но для обработки разнотипных деталей необходима высокая гибкость. При этом транспортные операции между станками должны быть доведены до минимума, даже если маршрут обрабатываемых деталей изменяется.

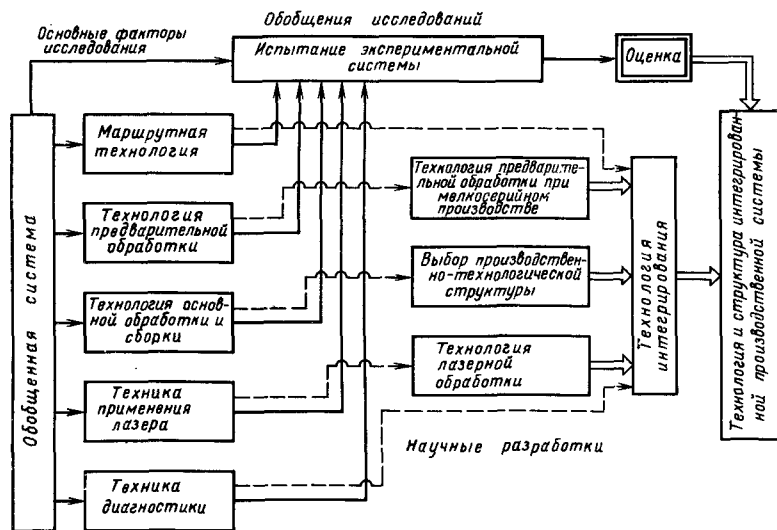


Рис. 135. Блок-схема интегрированной производственной системы с применением лазерной установки

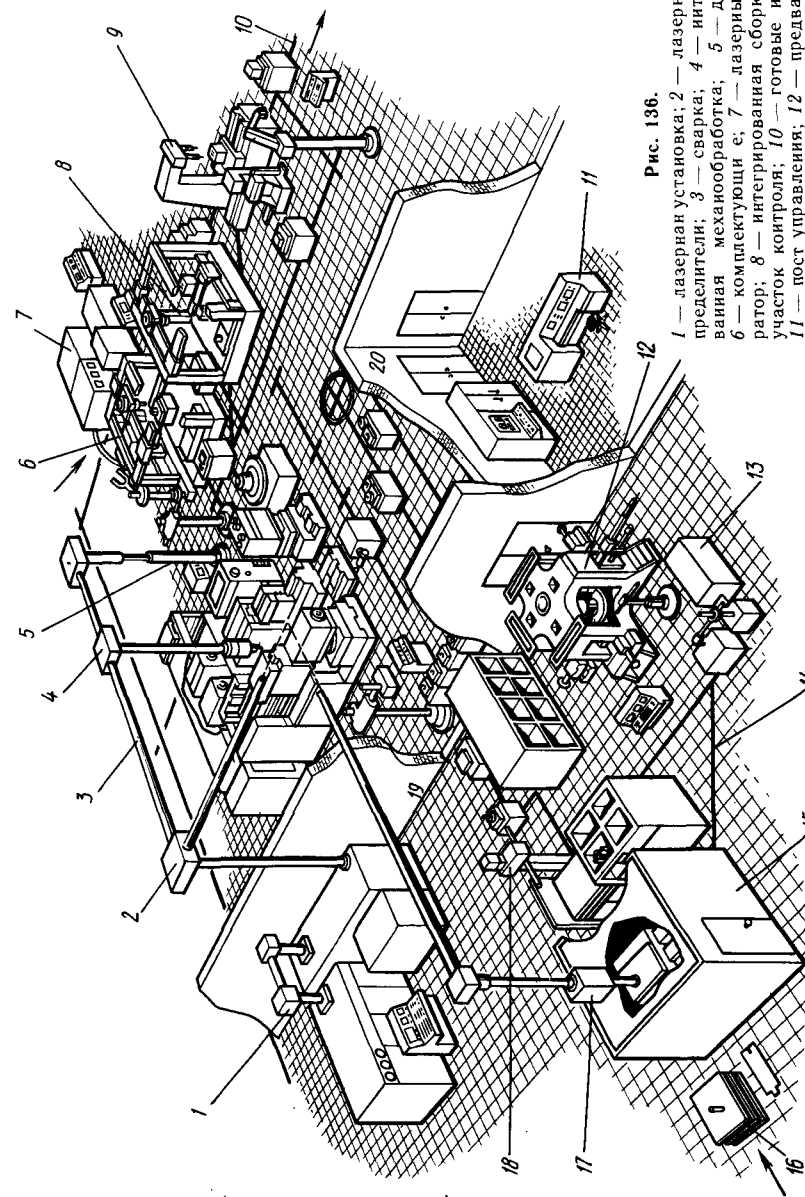


Рис. 136.

1 — лазерная установка; 2 — лазерные распределители; 3 — сварка; 4 — интегрированная механическая обработка; 5 — доводка; 6 — комплектующие; 7 — лазерный генератор; 8 — интегрированная сборка; 9 — участок контроля; 10 — готовые изделия; 11 — пост управления; 12 — предварительная обработка; термообработка; индукционная печь; 13 — устройство подачи заготовок; 14 — зона подготовки; 15 — зона ожидания; 16 — склад; 17 — транспортная система; 18 — устройство лазерного луча; 19 — склад; 20 — транспортная система

Ниже перечислены наиболее важные факторы, которые необходимо учитывать при практическом выборе оборудования для интегрированных систем:

1. Технология механообработки.
2. Техника измерения деталей.
3. Техника подгонки.
4. Привод главного движения и шпиндельный узел.
5. Привод подачи.
6. Интенсификация режимов резания.
7. Техника зажима.
8. Техника стабилизации точности.

Технология механообработки. Исследования с целью разработки совершенной технологии использования обрабатывающего оборудования интегрированных систем, в которых могут выполняться токарная обработка, фрезерование, сверление, расточка, плоское и цилиндрическое наружное или внутреннее шлифование, долбежные операции и другие виды обработки резанием, ведутся постоянно.

Для выполнения множества видов обработки резанием нужно многоцелевое оборудование или оборудование, функции которого могут легко изменяться посредством оснащения его дополнительными средствами.

Одна из тенденций развития гибкого производства заключается в развитии способов изменения функциональных возможностей оборудования. При этом функциональные возможности могут быть распределены между отдельными узлами, тогда все многообразие видов обработки обеспечивается быстрой сменой соответствующих узлов.

На рис. 137 показан комплекс для обработки резанием, состоящий из трех модулей, расположенных между собой Т-образно. Между тремя

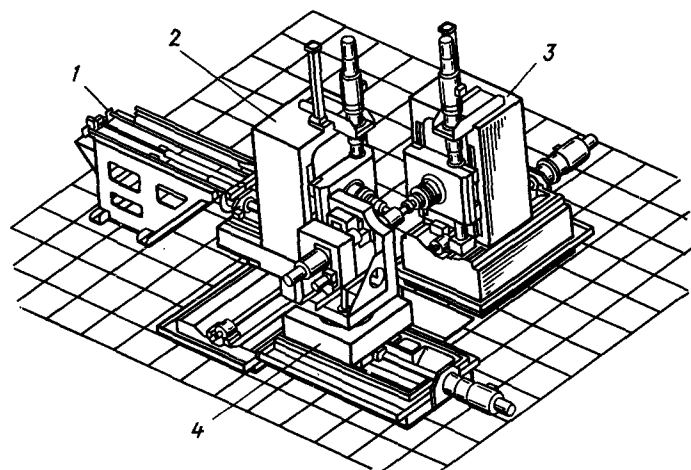


Рис. 137. Структура экспериментальной интегрированной системы:

1 — устройство автоматической смены функциональных узлов; 2 — узел 2; 3 — узел 3; 4 — узел 1

модулями образуется рабочее пространство (300×300 мм), в которое поступают заготовки. В каждом модуле используются функциональные узлы, которыми ведется обработка разнотипных деталей в рабочем пространстве. Каждый модуль осуществляет следующие движения:

Модуль 1: стойка (вправо или влево по оси X) — 650 мм
стойка (разворот вокруг оси B) — $5-180^\circ$

Модуль 2: стойка (вправо и влево по оси X) — 1500 мм
суппорт (вверх и вниз по оси Y) — 400 мм
стойка (вперед и назад по оси Z) — 500 мм

Модуль 3: суппорт (вверх и вниз по оси Y) — 400 мм
стойка (вперед и назад по оси Z) — 500 мм

На рис. 138 приведены предельные нагрузочные характеристики модулей при точении деталей из сплава $S48C$ твердосплавным резцом. Максимальная скорость съема металла ($79-91$ см³/мин) несколько ниже, чем у обычного токарного станка, но все же находится на удовлетворительном уровне.

На рис. 139 показаны аналогичные характеристики процесса фрезерования. При обработке чугуна FC скорость съема металла выше, чем при обработке сплава $S48C$. В обоих примерах результаты можно считать вполне удовлетворительными.

Показатели исследования точности обработки:

при наружном точении: конусность $0,014$ мм/150 мм;

Рис. 138. Предельные нагрузки при механообработке

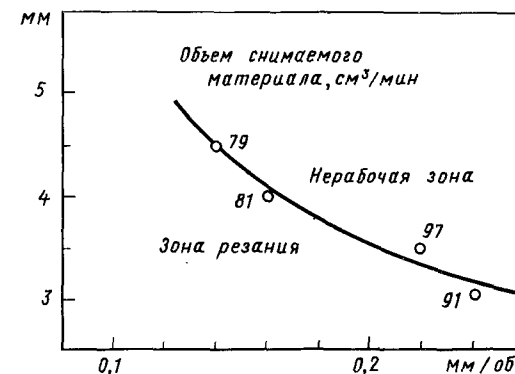
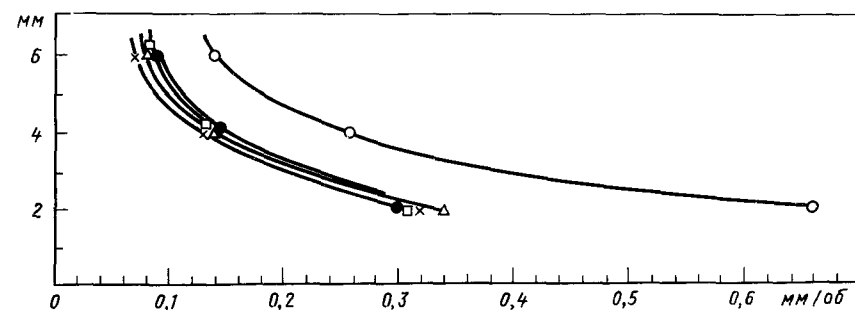


Рис. 139. Предельные параметры для фрезерования



некруглость 1,4—2,6 мкм;
 при плоском фрезеровании: неплоскостность 3,5 мкм;
 при сверлении: конусность 0,012 мм/120 мм;
 некруглость 6,6—9,6 мкм;
 несоосность отверстий 15—25 мкм
 при плоском шлифовании: неплоскостность 14 мкм;
 высота микронеровностей 2,5 мкм (R_{\max})
 при внутреннем шлифовании: некруглость 1,2 мкм;
 высота микронеровностей 2,9 мкм (R_{\max})

Для всех трех модулей было определено смещение узлов при статическом нагружении шпинделя, а также был проведен анализ статических и динамических характеристик при произвольном изменении нагрузки. Установлено, что модули имеют жесткую конструкцию следующих основных узлов:

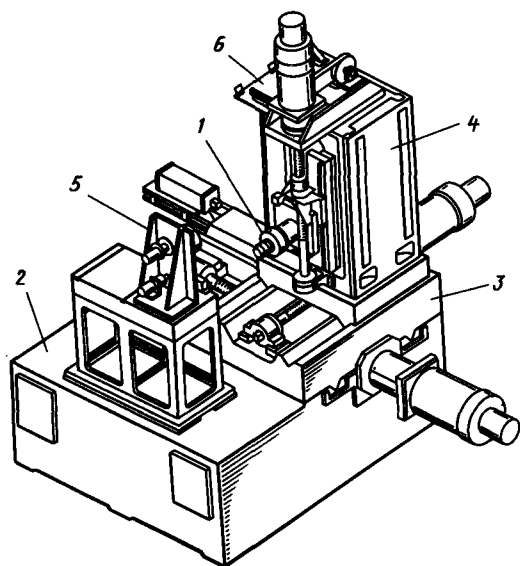
- направляющих;
- поворотных механизмов;
- приводов подач;
- привода стола и устройств зажима;
- подшипников шпинделя.

Из приведенных выше результатов следует, что при организации смены инструментальных головок на функциональных узлах на одном рабочем месте может выполняться множество операций: точение, фрезерование, сверление, расточка, шлифование и др.

Техника измерения деталей. Детали, обрабатываемые в интегрированных системах, относятся обычно к третьему классу точности. Типичная конструкция измерительного устройства показана на рис. 140. Измерительное устройство с управлением по четырем координатам X , Y , Z и C

состоит из измерительного щупа, рабочей стойки и калибровочного узла. Применяется лазерный интерференционный микрометр с разрешающей способностью 0,1 мкм. Измерительный щуп, входящий в контакт с измеряемым объектом, можно заменять. Передача сигнала осуществляется бесконтактным способом. Из экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

Рис. 140. Процесс фрезерования:
 1 — измерительная головка; 2 — станина; 3 — суппорт; 4 — стойка; 5 — калибровочный узел; 6 — лазерное устройство



1. Точность измерения по каждой координате не хуже $\pm 2,5$ мкм на 300 мм, по биению оси шпинделя не хуже 0,5 мкм на оборот. Это соответствует точности $IT3$.

2. Используются два способа координатной установки детали с применением измерительного щупа: дифференциальный способ и способ контактных проб. Для автоматических измерений больше всего подходит способ контактных проб, отличающийся простотой снятия показаний и надежностью в эксплуатации.

3. Некруглость и непараллельность можно оценивать по положению закрепленной заготовки в системе координат X , Y , Z , так как измерительное устройство работает независимо. Поэтому показатели точности будут зависеть от взаимного расположения заготовки и измерительного щупа.

4. При измерениях биения шпинделя необходимо автоматически перемещать измерительный щуп вдоль оси вращения. При этом используется способ бесконтактной передачи сигнала, обеспечивающий разрешающую способность в 1 мкм.

5. Для повышения точности автоматических измерительных устройств постоянно осуществляются их контроль и тарировка. Своевременное обнаружение снижения точности измерения или аномальных срабатываний измерительного устройства повышает надежность измерений.

Техника подгонки. Для обеспечения собираемости изделий важно повышать точность обработки, в противном случае производится подгонка. Таким образом, обработка резанием и сборка совмещаются в единый сложный цикл. Несложные подгоночные операции проводятся на специальных установках.

Привод главного движения и шпиндельный узел. В гибких производственных модулях, встраиваемых в ГПС, привод характеризуется следующими свойствами:

- 1) широкий диапазон частоты вращения;
- 2) надежность и компактность конструкции, использование пневмогидравлических подшипников, работающих в диапазонах частот от минимальных до сверхвысоких, моторшпинделей, надежных устройств (в том числе винтовых) зажима инструмента, устройств углового позиционирования шпинделя.

В табл. 19 в качестве примера приведены характеристики привода одного из модулей.

19. Характеристики привода модуля

Характеристика	Проектные характеристики	Фактические характеристики
Частота вращения	50—20 000 мин	50—11000 мин ⁻¹
Максимальная тангенциальная составляющая усилия резания	1000 кг	1000 кг и более
Точность осевого перемещения шпинделя	3 мкм	3 мкм
Точность углового перемещения шпинделя	$\pm 5''$	$\pm 2''$
Крутящий момент зажима	60 кг·м	70 кг·м

В настоящее время еще не достигнута частота вращения $20\,000\text{ мин}^{-1}$, но жесткость конструкции привода и его технологичность высоки, поэтому частота вращения 2000 мин^{-1} достижима. Полученные технические характеристики обеспечивают обработку резанием на современных частотах вращения в $1500\text{—}7000\text{ мин}^{-1}$.

Привод подачи. В настоящее время в гибких производственных модулях системы приводов подачи основаны на использовании винтовых передач. В координатно-измерительных машинах в системах приводов подачи используются фрикционные передачи, которые обладают высокой точностью, достаточной жесткостью, повышенной стабильностью подачи; при этом они позволяют легче перекомпоновывать узлы при изменении общей компоновки машины.

Фрикционные передачи обладают следующими особенностями:

1. Упрощение кинематических цепей, простота включения и выключения движения;
2. Отсутствие люфта;
3. Простота организации обратной связи.

Все эти важные особенности используются пока только в экспериментальных машинах. Основные результаты сведены в табл. 20.

20. Особенности фрикционных передач

Характеристика	Проектные характеристики	Фактические характеристики
Диапазон подач	0—20 м/мин	0—20 м/мин
Передаваемое усилие	1 т	1 т
Погрешность останова	$\pm 5\text{ мкм}$	$\pm 5\text{ мкм}$
Нестабильность останова	$\pm 2\text{ мкм}$	$\pm 1\text{ мкм}$

Интенсификация режимов резания. Интенсификация технологии резания включает в себя управление процессом резания, повышающее производительность, сокращающее подготовительно-заключительное время, стружкодробление.

1. Управление процессом резания, повышающее производительность. Применяется способ автоматического управления подачей в зависимости от изменения тока нагрузки двигателя привода главного движения станка. По колебаниям тока можно судить об изменении условий резания. На рис. 141 показан способ управления по току нагрузки. При среднем увеличении нагрузки на 10 % время резания сокращается на 15 %.

2. Сокращение подготовительно-заключительного времени. При токарной обработке на станке с ЧПУ проверка данных, вводимых с магнитной ленты в мини-ЭВМ вне станка занимает в два раза меньше времени, чем эта процедура, выполняемая на самом станке.

Главное при этом — установление соответствия формата данных, соответствия применяемого инструмента обрабатываемой детали, правильность технологических переходов и соответствующих этапов

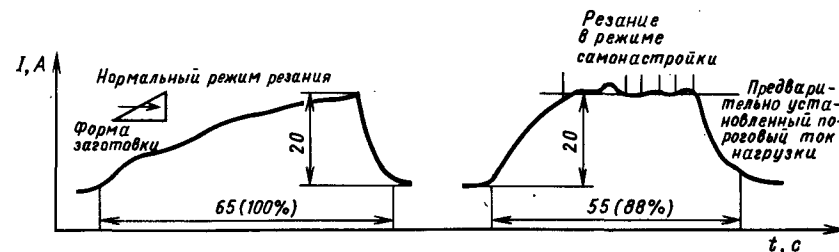


Рис. 141. Пример обработки в режиме самонастройки

формообразования по информации на дисплее. На рис. 142 показана структура используемого аппаратного обеспечения.

3. Уборка стружки и стружкодробление. При черновой обработке используется способ искусственного прерывания подачи, при чистовой обработке возможны три способа: уборка стружки перед каждой технологической операцией, отвод сливной стружки и специальные меры по ее

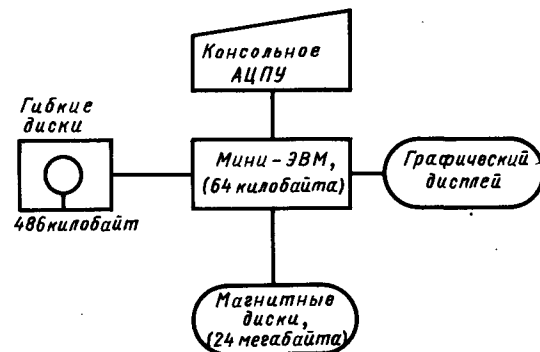


Рис. 142. Структура управления

дроблению. В табл. 21 приведены характеристики способов отвода стружки.

Техника зажима. Так как в гибких производственных системах обрабатываются изделия различной формы, необходимы зажимные приспособления, надежно зажимающие в станке эти изделия. Разрабатываются приспособления, которые не только могут автоматически зажимать и корпусные детали, и детали типа тел вращения, но и оперативно заменять их.

В настоящее время ведется экспериментальное исследование зажимных приспособлений, которые удовлетворяют современным требованиям. Ниже иллюстрируются возможности этих приспособлений.

1. Усилие зажима:

- корпусных деталей — 2,9 т на деталь;
- деталей типа тел вращения $\varnothing 200\text{ мм}$ — 2,6 т;
- деталей типа тел вращения $\varnothing 100\text{ мм}$ — 1,5 т.

21. Способы отвода стружки

	Черно- вая об- работка	Чистовая обработка		
	Преры- вание подачи	Предва- рительная уборка	Удаление сливной стружки	Специальное дробление стружки
1. Соответствие фор- ме заготовки (не- соответствие)	Отлично	Отлично (резьбы)	Хорошо (резьбы, детали, сложной формы отверстия малого диаметра, фланцы ступенча- той формы)	Удовлетворитель- но (резьбы, детали сложной формы, ступенчатые дета- ли из материалов низкой твердости)
2. Необходимость спе- циальных условий	—	—	—	—
3. Снижение произво- дительности	5—150 %	Зависит от диаметра обрабатываемой поверх- ности		
4. Влияние на точ- ность	—	При обработке торцов может быть неравномер- ная подача		
5. Влияние износа ин- струмента	Увели- чивается ши- рина рисок	—	Увеличивается ширина рисков	—

2. Стабильность перемещения зажимных устройств:

- для деталей типа тел вращения $\varnothing 200$ мм — $\pm 1,5$ мкм
- для деталей типа тел вращения $\varnothing 100$ мм — ± 3 мкм.

3. Обеспечение работы на частотах вращения:

- при обработке деталей типа тел вращения $\varnothing 200$ мм
6000 об/мин;
- деталей $\varnothing 100$ мм — 8000 мин^{-1} .

Техника стабилизации точности. Чтобы обеспечить высокую точность обработки, в ГПС проводится проверка точности при передаче детали с одного станка на другой.

При обработке корпусных деталей необходима проверка точности позиционирования на каждом модуле, поскольку обработка происходит с применением устройств автоматической смены инструмента и заготовок. Способ контроля точности показан на рис. 143. Этот способ при практическом использовании обеспечивает:

- точность измерения перемещений не хуже 3 мкм;
- точность измерения несоосности не хуже 1,5 мкм;
- точность определения базы отсчета не хуже 1,0 мкм.

Интегрированная сборка. Сборочные работы ведутся, как правило, на основе опыта и интуиции. Поэтому для автоматизации сборочных процессов необходимо решить множество технологических проблем. В массовом производстве, например, форма и размеры деталей не изме-

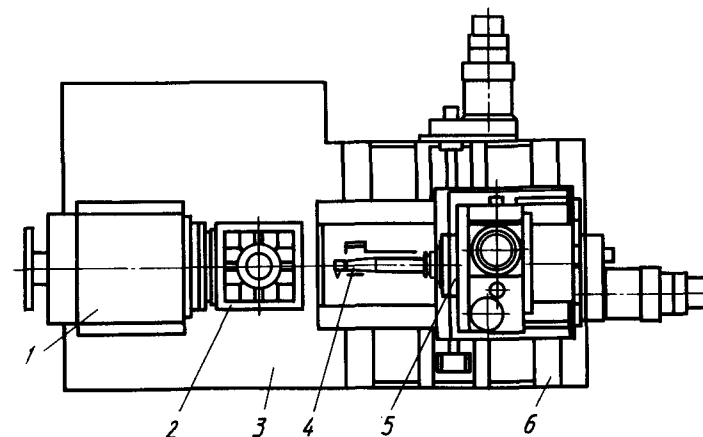


Рис. 143. Конструкция экспериментального устройства контроля точности:

1 — силовая головка; 2 — поверочная плита; 3 — станина; 4 — датчик; 5 — основание датчика; 6 — трехкоординатный стол

няются и автоматизация сборки применяется широко. В Японии имеется проект, по которому в мелкосерийном производстве будет реализована система автоматической частичной сборки (подсборки). К факторам, влияющим на возможность реализации автоматической сборки, относят следующие:

- характер собираемого узла или изделия;
- основные характеристики собираемых деталей;
- основные особенности необходимых сборочных операций;
- наличие устройств для распознавания деталей.

Системы интегрированной сборки. Был проведен анализ движений, выполняемых при современной ручной сборке с тем, чтобы определить, до какой степени можно механизировать или автоматизировать этот процесс. В результате анализа выяснены такие аспекты, как организация подачи деталей, транспортирование деталей (а также изделий), потребность в инструментах для сборки. В настоящее время автоматические линии работают по принципу «каждой операции — свой станок». Для сборочных операций это неприемлемо из-за неэффективности, и совершенно ясно, что это было бы чрезвычайно сложной задачей.

Поэтому нужен такой способ, при котором бы на одном рабочем месте детали собирались в определенном порядке. В этом случае экономится время на транспортирование, снижаются требования к точности позиционирования, к установке различных датчиков, сокращается количество рук сборочных манипуляторов, расширяются потенциальные возможности машин. Экспериментальная установка, работающая по этому принципу, показана на рис. 144.

В экспериментальной установке все основные движения выполняются в вертикальной плоскости. Это упрощает подачу деталей и обеспечивает подход с четырех сторон. Сопряжение, запрессовка и завинчивание — три основные операции; они составляют до 90 % трудоемкости всей

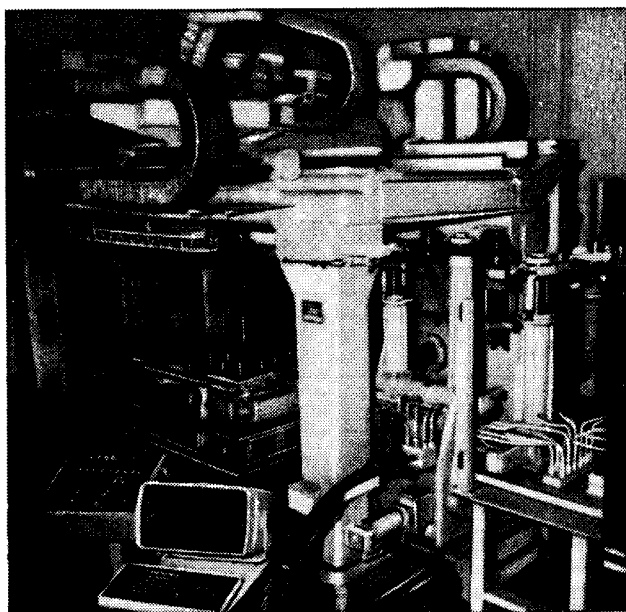


Рис. 144. Экспериментальная сборочная установка

сборки. В составе сборочной машины имеются манипуляторы для вставки и запрессовки, причем конструкция такова, что эти узлы можно менять. Для позиционирования при сборке применяются в основном устройства ЧПУ. Достигнута точность позиционирования при сборке не хуже ± 5 мкм.

Возможность сборки. 1. На рис. 145 показана работа экспериментальной установки для вставки деталей. Были проведены эксперименты по сборке. При исследовании скорости вставки ее изменяли от 250 до 1000 мм/мин, при исследовании влияния эксцентриситета ось смещали на 0—0,6 мм. В результате установлено, что сопряжение возможно со смещением оси до 0,55 мм. При этом усилие в осевом направлении может достигать 5 кг. Скорость почти не имеет значения. Исследовано влияние зазора. При увеличении зазора до 18—78 мкм вставка облегчается, причем усилие в 5 кг остается постоянным. Испытано влияние наклона. Если наклон не превышает 1° , то сборка идет без осложнений. Если погрешность установки несколько увеличивается, то возрастает усилие вставки. Манипуляторы, выполняющие вставку и фиксацию деталей, не должны обладать высокой жесткостью, но должны, естественно, обладать достаточным количеством степеней свободы. Если погрешность установки будет составлять 0,4—0,6 мм, то потребуется увеличить усилие манипулятора, причем уже при погрешности 0,4 мм увеличение усилия будет значительным.

2. Одним из примеров запрессовки может служить посадка подшипника. Способ такой сборки показан на рис. 146. В этом случае процесс

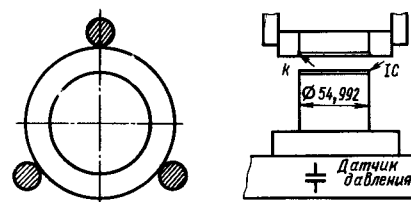


Рис. 145.

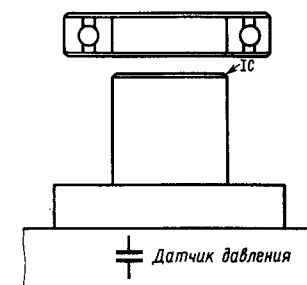


Рис. 146.

зависит от точности диаметров сопрягаемых поверхностей. Скорость и усилие отличаются от этих же параметров при вставке. Если отклонение от соосности велико, может произойти поломка. Наклон запрессовываемой детали не должен превышать $0,6^\circ$, иначе запрессовка невозможна.

3. Из результатов экспериментов по автоматическому заворачиванию следует, что применяемый инструмент и усилие заворачивания зависят от качества материала детали, чистоты поверхности и других факторов. При применении рычажного инструмента усилие заворачивания снижается. Несоосность при этом не должна превышать 0,5—0,8 мм, наклон — не более $1,5^\circ$.

Из проведенного выше анализа следует, что вставка, запрессовка и заворачивание зависят от следующих факторов:

1. Точности установки деталей (несоосность, угол наклона);
2. Точности геометрических размеров сопрягаемых деталей (например, при посадке подшипника на вал);
3. Типа применяемого инструмента и возникающих при сборке рабочих усилий.

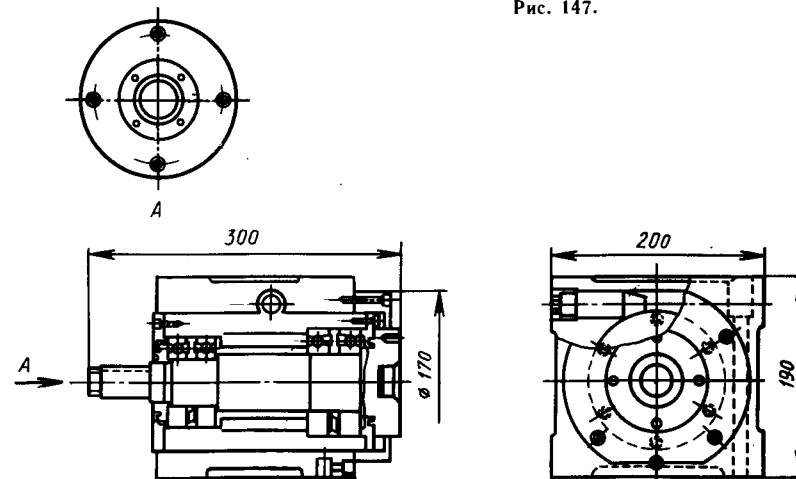


Рис. 147.

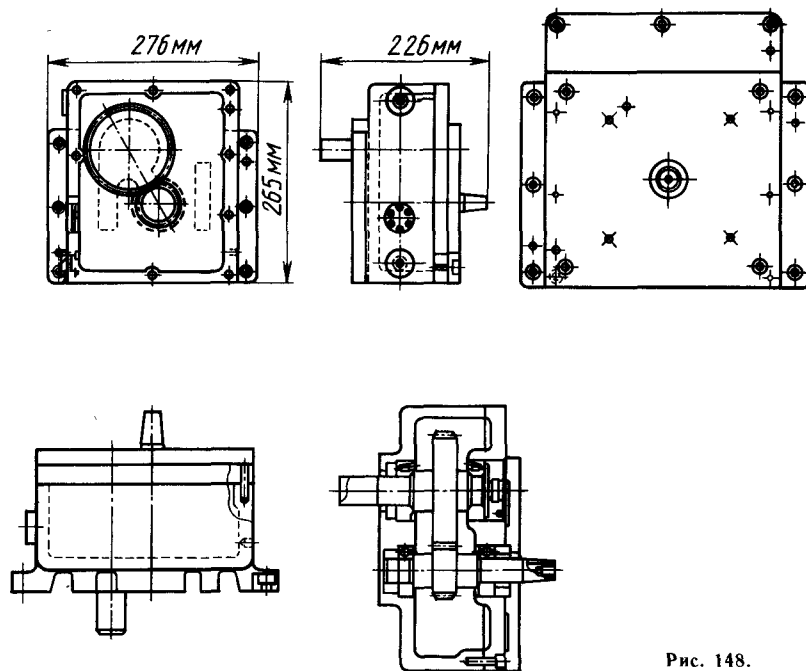


Рис. 148.

Подбор изделий для сборки на экспериментальной установке. Собираемые изделия (шпиндельные узлы, редукторы) показаны на рис. 147 и 148. На этой же установке возможна сборка трехосных коробок передач. Перечень собираемых деталей приведен в табл. 22.

Подача деталей на автоматическую сборку на данной установке осуществляется в определенной установленной последовательности.

Оптические устройства для распознавания деталей. В случаях подачи деталей в произвольной последовательности их нужно рассортировать и распределить по кассетам для сборки. В этих целях создано специальное сортировочное устройство. В устройстве имеется камера с фотоэлементами, осуществляющая сортировку. Детали поступают на специальную площадку размером 238×238 мм, аттестуются и устанавливаются в кассеты с зазором 0,3—0,5 мм, которые направляются в сборочную установку.

22. Перечень собираемых деталей

Вид операции	Детали
Вставка	Детали типа тел вращения (оси, фланцы, болты, кольца и т. д.)
Запрессовка	Подшипники, уплотнения
Завинчивание	Болты

23. Факторы, влияющие на точность сборки деталей

Фактор	Параметр точности	Фактор	Параметр точности
Габариты	± 3 мкм/300 мм	Вибрация	0,5 мкм (амплитуда) или 10—5000 Гц
Форма	± 5 мкм/300 мм	Уровень шума	0,1° (10—5000 Гц) $\pm 1,5$ дБ
Зазор в статическом состоянии	$\pm 0,3$ мкм	Температура	± 1 °С — 30 °С
Зазор в динамическом состоянии (биеение)	$\pm 0,3$ мкм	Крутящий момент	$\pm 0,03$ кг·см
		Холостой ход	$\pm 10''$

Системы контроля. В интегрированной производственной системе детали с обработки переходят на сборку; при этом должны быть контролированы все точностные характеристики. Собранные изделия (например, многошпиндельные головки, коробки передач и т. д.) также проверяются не только в статическом состоянии, но и под нагрузкой. Эти процедуры выполняются на специальных стендах, имитирующих реальные условия работы.

При проверке точности изделий, собираемых на описываемой установке, должны быть учтены факторы, перечисленные в табл. 23 и проиллюстрированные рис. 149.

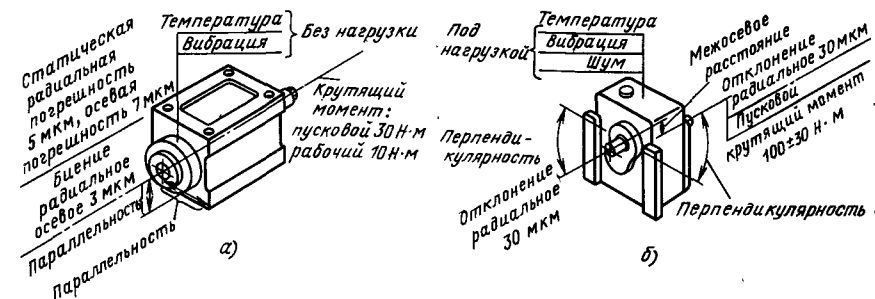


Рис. 149. Позиция контроля:

а — шпиндельная головка; б — коробка передач

Устройства контроля изделий. Номенклатура устройств контроля приведена в табл. 24 и показана на рис. 150. Пневматические узлы не обеспечивают высокой точности и жесткости (по точности — 2 мкм/300 мм, по жесткости — 10 кг/мкм).

Для передачи вращения на проверяемое изделие при обкатке и контроле используется передаточный механизм. О качестве сборки судят по результатам измерений мощности, отбираемой на холостом ходу.

24. Номенклатура устройств контроля

Наименование устройства	Наименование узла	Основные функции
Многофункциональное контрольное устройство	Контрольный узел № 1	1. Измерение точности габаритов и формы 2. Измерение вибраций, температуры
	Контрольный узел № 2	1. Измерение пускового и стационарного рабочего крутящего момента 2. Измерение крутящего момента и мощности холостого хода 3. Измерение биений 4. Измерение КПД
	Узел автоматического сцепления	Передача вращения и измерение потерь энергии
	Транспортирующий узел	Установка изделия на спутник, фиксация и транспортирование
	Узел звукоизоляции	Уровень шума в интегрированных производственных системах 60—100 дБ. При уровне до 50 дБ шум не влияет на точность измерений. Звукоизоляция позволяет снизить уровень до 40 дБ
Высокоточное контрольное устройство	Измерительная шкала	Измерение по трем координатам лазерным измерительным устройством.
	Направляющие	Перемещение изделия по трем координатам (для узла № 1 — на воздушной подушке)
	Узел контроля температуры	Измерение и ввод коррекций

При измерении крутящего момента в пусковом и рабочем режимах необходимо:

а) усовершенствовать способы обработки данных, полученных при измерениях;

б) осуществлять параллельное измерение крутящего момента на валу привода и на выходном валу изделия.

Техника обработки данных. Методика обработки данных, изучения вибраций и уровня шума иллюстрируется в табл. 25. На рис. 151 схематически показана экспериментальная установка.

Детали (шестерни, корпуса и др.), обработанные с определенной точностью, подвергаются испытаниям на вибрации и уровень шума в звукоизоляционной камере. На основе полученных данных составляются алгоритм и программа, используемые при контроле готового изделия по тем же параметрам.

Программное обеспечение. В интегрированных системах для механообработки и сборки применяются высокоэффективные управляющие устройства. Попытаемся кратко проанализировать их программно-математическое обеспечение.

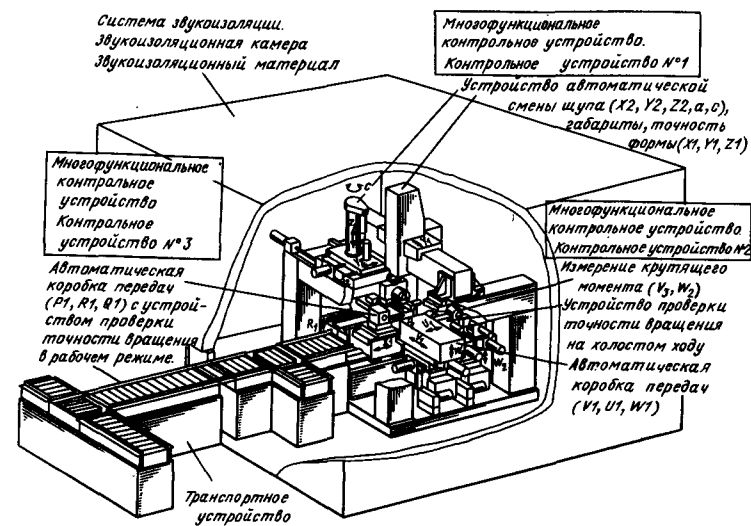


Рис. 150. Устройство контроля готовых изделий

25. Данные по вибрации и уровню шума

Объект исследования	Содержание исследований и экспериментов	Результаты исследований и экспериментов
1. Способ обработки данных	1. Математическая обработка данных	1. Форма вывода данных; связь между наблюдаемыми параметрами и выводимыми данными 2. Порядок измерения, данные измерения и способ их обработки 3. Результаты обработки и их анализ 4. Программа вычислений
	2. Обработка негативных данных	1. Форма вывода негативных данных; регистрация сбоев 2. Порядок обработки и способ редактирования данных при негативном результате
2. Возможность использования показателей вибрации и уровня шума	Выявление причин вибраций и шума (причин брака проверяемого изделия)	1. Изменение частоты звуковых колебаний (по сравнению с эталоном) 2. Уровень шума при испытаниях (из-за погрешностей сборки). Имеют место помехи в пределах 3—10 дБ

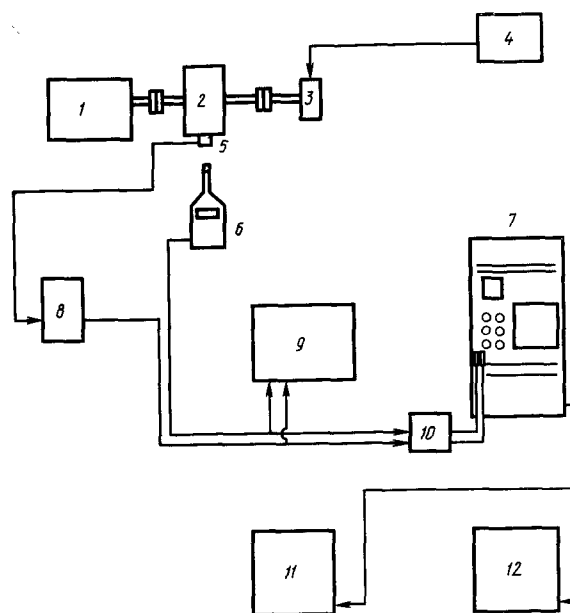


Рис. 151. Блок-схема экспериментального измерительного устройства для контроля параметров изделия:

1 — двигатель постоянного тока; 2 — коробка передач; 3 — нагрузочное устройство; 4 — стабилизатор; 5 — датчик вибрации; 6 — измеритель звуковой частоты; 7 — устройство регистрации измеряемых параметров; 8 — измеритель вибрации; 9 — запись данных; 10 — фильтр; 11 — графопроектор; 12 — дисплей с ЭЛТ

Структура систем. На рис. 152 показана блок-схема интегрированной производственной системы.

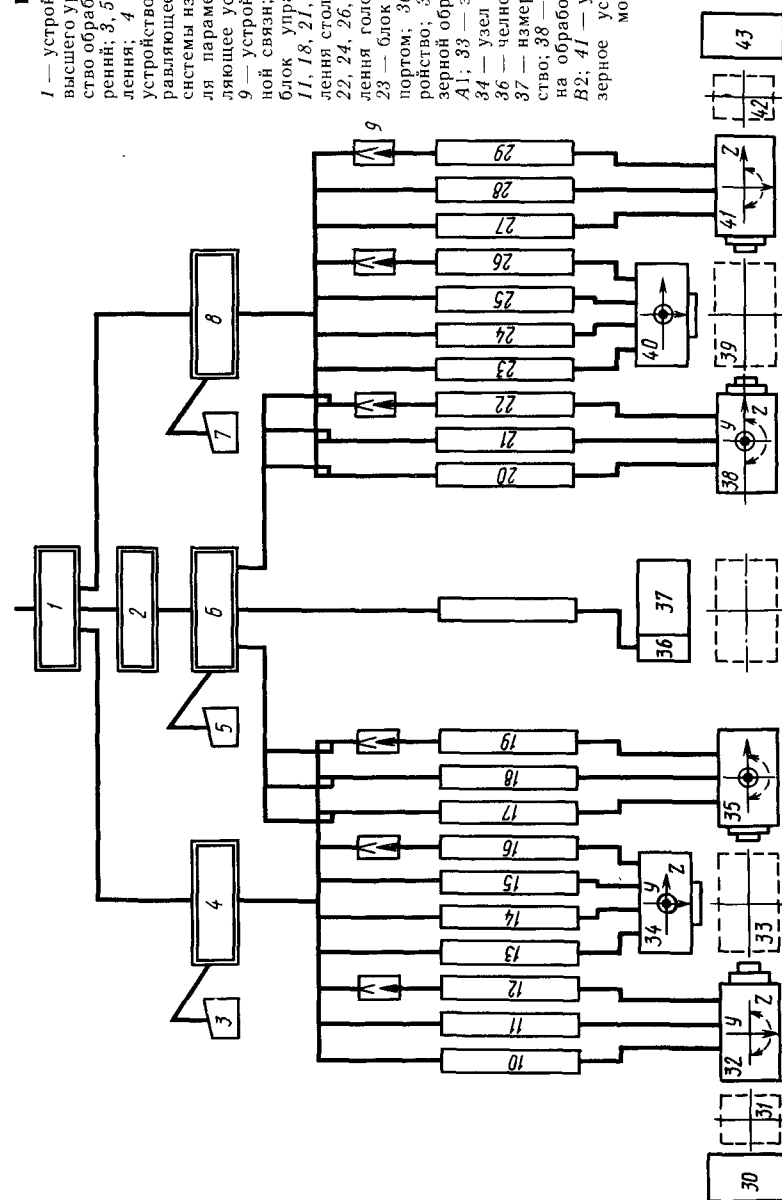
В современных интегрированных производственных системах отдельные устройства управления децентрализованы и соединены в иерархическую сеть, структура которой может изменяться в зависимости от производственной ситуации.

В рассматриваемой системе управление механообработкой ведется системой управления, состоящей из управляющего устройства зоны А, управляющего устройства подсистемы измерения и контроля параметров, и управляющего устройства зоны В (устройства среднего уровня иерархии). Одно управляющее устройство может управлять десятью координатами и делится на функциональные узлы, включающие отдельные блоки управления. Система характеризуется возможностью автоматической смены работающих блоков управления. В целях бесконтактной передачи энергии и информации блоки соединяются по трансформаторному принципу. Каждый блок специализируется на выполнении управляющих функций по определенному механизму ГПС или по определенному этапу производственного процесса. В целях расширения возможностей обработки целесообразно использовать блоки широкого назначения.

Программы обработки, управляющие данные и другая информация из центрального устройства управления интегрированной системы поступают в управляющие устройства зон обработки, откуда управляющая информация распределяется по блокам управления каждой координаты. На основе данных, поступивших в блоки управления, ведутся сервоуправление и контроль работы приводов.

Рис. 152.

1 — устройство управления высшего уровня; 2 — устройство обработки данных измерений; 3, 5, 7 — пульс управления; 4 — управляющее устройство зоны А; 6 — управляющее устройство подсистемы измерений и контроля параметров; 8 — управляющее устройство зоны В; 9 — устройство бесконтактной связи; 10, 15, 25, 27 — блок управления стойкой; 11, 18, 21, 28 — блок управления столом; 12, 14, 16, 19, 22, 24, 26, 29 — блок управления головкой; 13, 17, 20, 23 — блок управления суппортом; 30 — лазерное устройство; 31, 42 — зона лазерной обработки; 32 — узел А1; 33 — зона обработки А; 34 — узел А2; 35 — узел А3; 36 — челночное устройство; 37 — измерительное устройство; 38 — узел В1; 39 — зона обработки В; 40 — узел В2; 41 — узел В3; 43 — лазерное устройство средней мощности



На функциональных узлах *A3* и *B1* (рис. 152) управление от управляющих устройств зон обработки *A* и *B* может отключаться; в этом случае управление осуществляется от управляющего устройства подсистемы измерения и контроля параметров.

Функции устройств ЧПУ. 1. Иерархическая система. Каждый станок получает информацию от блока управления, где происходит обработка данных, накопленных в оперативном запоминающем устройстве системы ЧПУ, связанном с центральной ЭВМ верхней ступени иерархии.

2. Управление осями обработки. Управление осуществляется по функциональным узлам, составляющим зону обработки, по десяти координатам, но одновременно не более чем по четырем.

3. Функциональные узлы. Функциональные узлы управления соответствуют так называемым зонам обработки, где сосредоточены все управляемые устройства, к которым относятся приводы главного движения, подачи, зажимные устройства, инструментальные магазины и т. д. и т. п.

4. Переключение канала управления. В пределах одной зоны управления возможно переключение канала управления, т. е. переход данного управляемого устройства от одного к другому управляющему устройству.

5. Управление токарными и многоцелевыми станками. Описываемые устройства управления успешно применяются в качестве систем управления токарных и многоцелевых станков.

6. Лазерная обработка. Лазеры CO_2 применяются для закалки и специальной обработки поверхности. Управление осуществляется посредством вышеописанных устройств.

7. Коррекция точности. Устройство измерения точности посылает в систему цифрового управления информацию о необходимой коррекции положения режущей кромки инструмента, что обеспечивает стабилизацию точностных показателей обрабатываемых деталей.

8. Адаптивное управление. С помощью системы адаптивного управления осуществляется так называемая самонастройка в экстремальных ситуациях (перегрузки в механизмах приводов, поломка инструмента и т. д. и т. п.).

Основные возможности программного обеспечения. 1. Прямое числовое управление. Обмен данными между устройством управления интегрированной системы (высший уровень) и управляющим устройством зоны обработки (средний уровень) идет в режиме «он-лайн». Устройство высшего уровня передает вниз необходимые данные и управляющие программы. Управляющее устройство зоны обработки получает эту информацию и ведет контроль обработки.

2. Приведение осей координат. Управляющее устройство зоны обработки обслуживает, как указывалось выше, до десяти осей координат, причем одновременное управление возможно максимально по четырем осям. Поэтому необходимо приведение всех десяти осей к единой системе координат X, Y, Z и C (или S). Например, приведение оси X функционального узла $A2$ к оси Z , оси Z этого узла к оси X и главной

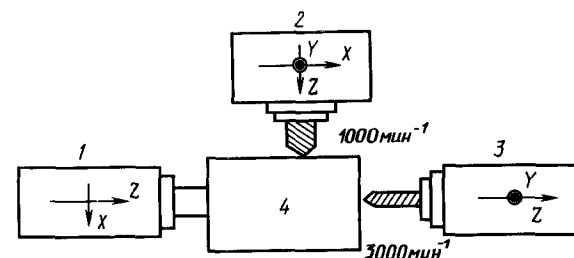


Рис. 153:

1 — узел $A1$; 2 — узел $A2$; 3 — узел $A3$; 4 — заготовка

оси узла $A1$ к оси S будет выглядеть следующим образом: $A2X-Z$; $A2Z-X$; $A1S-S$.

3. Форматы директив. Если оси координат можно привести следующим образом: $A2X-Z$; $A2Z-X$; $A1S-S$, то необходимость смещения на 10 мм по оси X в узле $A1$ будет записана так: $A1X10$. Таким образом можно ввести директиву только по одной оси в отдельном блоке.

4. Ввод директив по двум главным осям координат. В одной и той же зоне обработки на двух разных узлах могут быть установлены, например, различные сверла. При этом будет возможна одновременная управляемая обработка двух разных сторон одной детали с различными частотами вращения. Пример такого решения показан на рис. 153.

5. Замена оси управления. Функциональный узел $A3$ управляется управляющим устройством зоны обработки A , а узел $B1$ — управляющим устройством зоны обработки B . Их функции можно поменять с помощью управляющего устройства подсистемы измерения и контроля параметров. Ось узла $A3$, управляемая устройством зоны обработки A (Y, Z или C), по директиве кода M становится управляемой устройством подсистемы контроля параметров.

6. Макроуправление. Описываемые устройства цифрового управления могут работать в режиме «юзер-макро», при котором возможна коррекция положения режущей кромки инструмента, управление по оси B , центрирование по оси обработки и коррекция точности.

7. Блоки управления. В устройствах управления на каждую ось управления имеется отдельный блок, которым управляет устройство зоны обработки, т. е. имеется возможность использования цифрового устройства управления для каждой отдельной оси координат.

8. Управление по осям C (S) главного (высоко-скоростного) привода. По директиве S управление главным или высокоскоростным приводом может обеспечивать максимальную частоту вращения 3500 и 20 000 мин^{-1} соответственно. Управление осуществляется так, что поворот вокруг оси C может быть выполнен от главного привода на любой угол, а от высокоскоростного привода по коду M поворот может быть выполнен на 90° , т. е. имеются четыре фиксированных положения.

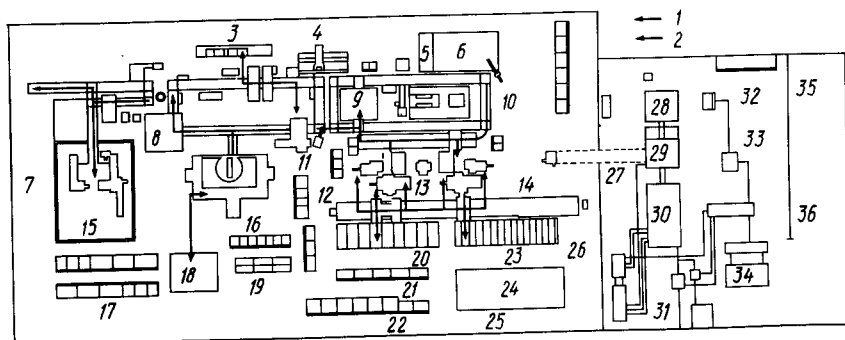


Рис. 154. Планировка экспериментального гибкого производства:

1 — поток деталей; 2 — поток инструментов; 3 — стеллаж для деталей, направляемых на сборку; 4 — устройство для подачи деталей; 5 — материалы; 6 — зона подготовки; 7 — звукоизоляционная камера; 8 — лазер средней мощности; 9 — моечная станция; 10 — зона сбора стружки; 11 — транспортное устройство; 12 — интегрированная механообработка; 13 — измерительное устройство; 14 — лазерная обработка; 15 — контроль изделий; 16 — интегрированная сборка; 17 — устройства для контроля изделий; 18 — накопитель сборочного инструмента; 19 — устройство контроля сборки; 20 — стеллаж для узлов; 21 — устройства ЧПУ; 22 — устройства управления; 23 — накопитель магазинов; 24 — инструментальное отделение; 25 — устройство замены блоков; 26 — устройство замены магазинов; 27 — лазерный световод; 28 — сварка-резка; 29 — распределительное устройство; 30 — генератор, (5 кВт); 31 — холодильник; 32 — лазерная сварка; 33 — устройство управления лазерной обработкой; 34 — подстанция; 35 — ремонтное отделение; 36 — компрессор

Организация экспериментального производства. По проекту «Интегрированная производственная система с лазерной установкой» решены все технологические проблемы, завершено проектирование экспериментального производства и начато его строительство, которое осуществляется в префектуре Ибараки Научно-исследовательским технологическим институтом. На рис. 154 приведена планировка этого производства. Производственная площадь составляет 1500 м². По плану система должна быть пущена в эксплуатацию в 1983 г. после завершения всех экспериментальных работ и исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследовательские и технологические аспекты интегрированной производственной системы с лазерной установкой. Сборник статей, декабрь 1981.
2. Интегрированная производственная система с лазерной установкой. Общество японских инженеров-механиков, 15.03.1982, с. 42—58.
3. Сэкигава Х. Программное обеспечение интегрированной производственной системы с лазерной установкой. Доклад, 1982.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ ГИБКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЯПОНИИ

Редактор А. С. Игнатьев
Художественный редактор А. С. Вершинкин
Переплет художника Р. А. Казакова
Технический редактор Т. С. Старых
Корректор А. П. Озерова

ИБ № 5081

Сдано в набор 16.12.86. Подписано в печать 05.10.87. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетная №1. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,5. Усл. кр.-отт. 14,5. Уч.-изд. л. 15,5. Тираж 15 000 экз. Заказ 422-303. Цена 1 р. 40 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,
107076, Москва, Стромовский пер., 4

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.

Отпечатано с диапозитивов в Ленинградской типографии № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.