

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ВЫПУСК
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА
ЧАСТЬ I

Под редакцией доктора технических наук, профессора Д. Д. Куликова

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
Валетов В. А., Куликов Д. Д., Падун Б. С., Яблочников Е. И. Кафедра технологии приборостроения: этапы развития.....	7
ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА	
Яблочников Е. И., Фомина Ю. Н., Саломатина А. А. Организация технологической подготовки производства в распределенной среде.....	12
Падун Б. С. Технология проектирования автоматизированных систем подготовки производства.....	16
Котельникова Ю. Е. Обработка текстовых документов и эволюция автоматизированных систем проектирования.....	21
Падун Б. С., Андрианов А. Н., Гнездилова С. А. Автоматизированная система управления инструментальным производством современного предприятия.....	25
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
Куликов Д. Д., Киселев Ф. В. Интеграция модуля расчета режимов резания с системой проектирования технологических процессов.....	33
Афанасьев М. Я., Филиппов А. Н. Применение методов нечеткой логики в автоматизированных системах технологической подготовки производства.....	38
Куликов Д. Д., Шувал-Сергеев Н. А. Проектирование операционных заготовок с использованием САД-системы.....	42
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ЗНАНИЙ	
Богданов В. В. Формирование базы знаний для САПР ТП на основе баз данных технологического назначения.....	47

Яблочников Е. И., Молочник В. И., Саломатина А. А. Комплексное использование баз знаний в автоматизированных системах технологической подготовки производства.....	51
Куликов Д. Д., Чертков С. А. Система поиска средств технологического назначения как web-служба.....	54
Афанасьев М. Я., Филиппов А. Н. Создание динамических моделей баз данных технологического назначения на языке Python.....	59
ГРУППИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ	
Яблочников Е. И., Молочник В. И., Гусельников В.С. Метод разработки групповых технологических процессов для оборудования с числовым программным управлением	63
Аверин В. В., Гусельников В. С. Автоматизация проектирования управляющих программ.....	67
Падун Б. С., Рождественская М. Г., Бажанова В. А. Автоматизированная система группирования объектов производства	71
ИНФОРМАЦИЯ	77
SUMMARY (<i>перевод Ю. И. Копилевича</i>).....	78

THEMATIC ISSUE

ACTUAL PROBLEMS OF TECHNOLOGICAL PREPROCESSING

PART I

Edited by D. D. Kulikov, Doctor of Technical Science, Professor

CONTENTS

PREFACE	5
Valetov V. A., Kulikov D. D., Padun B. S., Yablochnikov E. I. Department of Instrumenty-Making Technology: Stages of Evolution	7
ORGANIZATION OF TECHNOLOGICAL PREPRODUCTION	
Yablochnikov E. I., Fomina Yu. N., Salomatina A. A. Organization of Technological Preproduction in Distributed Environment	12
Padun B. S. Technology of Computer-Based System Design for Preproduction.....	16
Kotelnikova Yu. E. Processing of Text Documents and Evolution of Computer-Aided Design Systems.....	21
Padun B. S., Andrianov A. N., Gnezdilova S. A. Computer-Aided System for Control over Tool Production of Modern Enterprise	25
COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS	
Kulikov D. D., Kiselev F. V. Integration of Machining Mode Calculation Module with Technological Process Design System	33
Afanasiev M. Ya., Filippov A. N. Use of Fuzzy Logic Methods in Computer-Aided Systems for Technological Preprocessing	38
Kulikov D. D., Shuval-Sergeev N. A. Operational Workpiece Design with the Use of CAD-System.....	42
TECHNOLOGICAL DATA BASES AND KNOWLEDGE BASES	
Bogdanov V. V. Formation of Knowledge Base for Computer-Aided Design System on the Basis of Data Bases of Technological Purpose	47
Yablochnikov E. I., Molochnik V. I., Salomatina A. A. Comprehensive Use of Knowledge Bases in Computer-Aided Systems for Technological Preprocessing	51
Kulikov D. D., Chertkov S. A. Technological Means Retrieval System as a Web-Service..	54
Afanasiev M. Ya., Filippov A. N. Creation of Dynamic Models of Technological Data in Python Language	59

WORKPIECE GROUPING AND CONTROL PROGRAM DESIGN

Yablochnikov E. I., Molochnik V. I., Guselnikov V. S. Method of Development of Group Technological Processes for Programmed Numerical Control Equipment	63
Averin V. V., Guselnikov V. S. Automation of Control Programs Design	67
Padun B. S., Rozhdestvenskaya M. G., Bazhanova V. A. Computer-Aided System for Grouping of Production Objects	71
INFORMATION	77
SUMMARY	78

Editor-in-Chief E. B. Yakovlev

ПРЕДИСЛОВИЕ

Тематический сборник содержит статьи преподавателей и аспирантов кафедры технологии приборостроения СПбГУ ИТМО, он посвящен вопросам автоматизации технологической подготовки производства. Актуальность предложенной проблематики вызвана следующими обстоятельствами.

В последние десятилетия рынок приборо- и машиностроительных изделий претерпевает существенные изменения. Производство перестало быть локальным и может быть организовано во многих точках мира. Появились новые формы кооперации в виде распределенных (виртуальных) предприятий, когда каждый этап производства выполняется в той стране и на том предприятии, где это наиболее выгодно. Резко выросла роль информационных технологий в сфере проектирования, производства и реализации продукции. Изменились сами критерии деятельности предприятия, на основе которых деятельность стала рассматриваться не с точки зрения функционирования структурных подразделений предприятия, а с точки зрения организации и протекания в нем деловых и производственных процессов. Появилась общая методология реорганизации бизнес-процессов с целью радикального повышения эффективности деятельности предприятия — методология реинжиниринга бизнес-процессов. Все это дает основание определить совокупность происходящих изменений как глобальную трансформацию промышленного производства. Поэтому проблематика сборника, посвященная автоматизации технологической подготовки производства, направленной на сокращение времени и стоимости подготовки изделий к производству, является весьма актуальной.

*Профессор кафедры технологии приборостроения
Санкт-Петербургского государственного университета
информационных технологий, механики и оптики,
доктор технических наук Д. Д. КУЛИКОВ*

PREFACE

This issue contains papers by lecturers and post-graduate students of Department of Instrument-making Technology, St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics, and Optics, and is devoted to the problems of automation of technological preprocessing. Urgency of the subject matter is caused by the following reasons.

In the recent decades, market of instrument making and machine building products has undergone substantial changes. Manufacturing is no longer a local process and may be situated in numerous spots on the globe. New types of cooperation has aroused in the form of distributed (virtual) enterprises, when each of the production stage is carried out in the country and at the workshop, which provide maximal advantages. Significance of information technologies in the fields of design, manufacturing, and sales of products has increased radically. Criteria of enterprise activity assessment has changed so that now the activity is considered not from the view point of operation of its separate structure units, but as regards organization and performing of production processes. A general methodology has been developed for radical improvement of enterprise effectiveness – the methodology of reengineering of business processes. The above leads one to determine the whole set of changes that have been going on, as a global transformation of industrial production. That is why the subject matter of this issue devoted to automation of technological preprocessing aimed at reduction of time expenditure and costs of preprocessing of work pieces, is undeniably urgent.

D. D. KULIKOV
Doctor of Technical Sciences, Professor

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ: ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ

Кафедра технологии приборостроения, ТПС (первоначально называлась кафедрой механической технологии), была основана в 1931 г. и обеспечивала общеобразовательную подготовку будущих специалистов в области технологии обработки материалов. Инициатором создания кафедры и ее первым заведующим был известный инженер и ученый, профессор Александр Павлович Знаменский. Получив хорошую производственную школу, он пришел в ЛИТМО с должности главного инженера завода ГОМЗ. Будучи высокообразованным инженером, А. П. Знаменский ясно представлял уровень развития приборостроения и его проблемы, это позволило ему подобрать квалифицированный педагогический коллектив, сформировать лабораторную базу и организовать методическую работу.

Научные труды А. П. Знаменского стали составной частью работ того времени, позволивших специалистам разработать научно обоснованные рекомендации и перейти от ремесла к науке. Он является автором первого „Справочника металлиста“, известного во многих странах мира. Ученики А. П. Знаменского, перенявшие у него научный подход к изучению технологических методов и способов обработки заготовок, проводили исследования в области создания нового оборудования и диагностической аппаратуры для анализа состояния станков и контроля различных технологических параметров, вели поиск новых методов чистовой и отделочной обработки поверхностей. Среди учеников А. П. Знаменского следует отметить Андрея Александровича Маталина и Николая Павловича Соболева.

А. А. Маталин — ученый и педагог, известный не только в Советском Союзе, но и за рубежом — руководил кафедрой в послевоенные годы. Он является автором многих научных работ, а также учебников. Следует упомянуть такой фундаментальный труд, как „Технология механической обработки“, и учебник для вузов „Технология машиностроения“. Н. П. Соболев возглавлял кафедру в 1950-х гг., это видный ученый в области станкостроения и холодной обработки металлов. Книги Н. П. Соболева были изданы в Польше, Китае, Венгрии, Чехословакии и Румынии, его научные труды использовались в качестве учебников.

В 1962 г. кафедру возглавил выдающийся инженер и ученый Сергей Петрович Митрофанов, ученик А. П. Соколовского и Н. П. Соболева. Закончив ЛИТМО, он прошел все этапы производственной школы: мастера, технолога, начальника технологического и конструкторского бюро, начальника производства, главного технолога завода, главного инженера завода ГОМЗ. С 1951 г. в течение шести лет С. П. Митрофанов руководил всей промышленностью и наукой Ленинграда и области. В 1960 г. он возглавил ЛИТМО и стал заведующим кафедрой. С его приходом на кафедру кардинально изменилась лабораторная база, были организованы лаборатории обработки оптических деталей, обработки заготовок на станках-автоматах и агрегатных станках, монтажа электронных узлов приборов, станков с программным управлением.

С. П. Митрофанов — автор метода групповой технологии и организации группового производства. За разработку научных основ и широкое внедрение метода организации группового производства в 1959 г. ему была присуждена Ленинская премия. Ему принадлежат свыше 200 печатных трудов, многие работы изданы за рубежом. С. П. Митрофанов — автор нового научного направления „Организация группового производства“, основанного на интеграции всех составляющих технической подготовки производства. Данное направление нашло широкое признание во многих странах мира. С. П. Митрофанов включен в список 22

выдающихся ученых по организации производства наряду с Адамом Смитом, Фредериком Тейлором, Генри Фордом.

В 1964 г. на кафедре была создана отраслевая лаборатория по технологии и организации группового производства. С этого момента на кафедре интенсивно стали проводиться работы по принципиально новому научному направлению, связанному с изучением влияния структуры технологического процесса на производительность изготовления и точность изделий.

На кафедре также уделялось много внимания изучению новых методов обработки заготовок, были созданы лаборатория по изучению шероховатости поверхностей и лаборатория лазерной технологии. Первой лабораторией руководил Юрий Гдальевич Шнейдер — один из ярких представителей науки и образования. Это один из ведущих технологов страны, автор теории и методов образования регулярного микрорельефа и оптимизации основных эксплуатационных свойств деталей машин и приборов. Его работы позволили повысить качество и надежность машин и приборов, их коррозионную стойкость, добиться снижения потерь на трение и повышения плавности хода в парах трения и т.д. Новое направление получило признание во многих странах мира. Под руководством Ю. Г. Шнейдера разработаны ГОСТ „Поверхности с регулярным микрорельефом“, а на его основе — проект международного стандарта, приборы для измерений линейных размеров и геометрических параметров, остаточных напряжений в поверхностном слое, программные пакеты по оптимизации характеристик поверхностного слоя. Лабораторию лазерной технологии возглавил Вадим Павлович Вейко, который продолжает свои работы и сейчас, но в рамках другой кафедры.

Следующим ярким моментом развития кафедры является открытие в конце 1960-х гг. нового научного направления — „Автоматизация технологической подготовки производства“. Именно автоматизация технологического проектирования создала основу для интеграции всех производственных процессов на предприятии. Достижения данного научного направления позволили в 1975 г. впервые организовать на кафедре подготовку инженеров-технологов-системотехников по автоматизации технологического проектирования и основам проектирования гибких производственных систем. Подготовленные на кафедре новые учебные планы использовались многими техническими институтами СССР, а также за рубежом.

Исследования по автоматизации технологической подготовки производства под руководством С. П. Митрофанова выполнялись на базе промышленных предприятий Ленинграда. Для этих предприятий отраслевой лабораторией были разработаны системы группирования деталей, системы автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей и ряд других систем. Особенно большой комплекс работ был выполнен для Ленинградского оптико-механического объединения.

Необходимо отметить, что научные исследования осложнялись частой сменой поколений ЭВМ (ряд ЭВМ „Минск“, ЕС ЭВМ, миниЭВМ и т. д.) приходилось постоянно либо заново создавать новые системы, либо переделывать уже имеющиеся системы с учетом накопленного опыта. На основе проведенных исследований в эти годы был издан целый комплекс монографий, из которых самыми важными являются следующие: *Митрофанов С. П., Гульнов Ю. А., Куликов Д. Д.* Автоматизация технологической подготовки серийного производства. Л.: Машиностроение, 1974. 360 с.; *Митрофанов С. П.* Научная организация машиностроительного производства. Л.: Машиностроение, 1976. 712 с.; *Митрофанов С. П.* Групповая технология машиностроительного производства. Л.: Машиностроение, 1983. 404 с.; *Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С.* Технологическая подготовка гибких производственных систем. Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.

На базе проведенных исследований был создан комплекс методических пособий по применению средств вычислительной техники в технологической подготовке производства, который активно используется в учебном процессе кафедры.

В 1995 г. кафедра под руководством Николая Дмитриевича Фролова открыла и возглавила в стране подготовку инженеров по специальности „Технология приборостроения“.

Кафедра технологии приборостроения и сегодня поддерживает традиции предшествующих поколений — развивает свою лабораторную базу. В настоящее время в состав кафедры включены 9 лабораторий, которые оснащены новым оборудованием и программными системами.

Для решения большого спектра задач в технологических лабораториях используется различное оборудование:

— токарные и фрезерные станки компаний EMCO (Австрия), HAAS (США), DMG и PRIMACON (Германия), оснащенные современными системами ЧПУ фирм Siemens, Fanuc, Hidenhein;

— установки для контроля геометрических параметров и параметров поверхностного слоя деталей DuraMax (Zeiss) и T-8000 (Hommelwerke);

— система бесконтактного сканирования объектов ATOS (Германия) и установка быстрого прототипирования EDEN350V (Израиль);

— комплект оборудования для поверхностного монтажа печатных плат;

— комплект оборудования для создания прототипов автоматизированных линий сборки оптических изделий (транспортная система, промышленные роботы, мобильные склады и др.).

В информационных и технологических лабораториях применяется современное программное обеспечение, позволяющее решать инженерные задачи на различных этапах жизненного цикла изделий, например: CAD/CAM/CAE-система Catia v5; PDM-система ENOVIA SmartTeam; система виртуального моделирования производственных процессов DELMIA; CAD/CAM-система Cimatron; CAE-системы инженерного анализа MSC.Software; системы визуального и имитационного моделирования бизнес-процессов ADONIS, AllFusion, Rational Rose; система для разработки интерактивных электронных технических руководств Parallel-Graphics и 3Dvia Composer; виртуальный производственный комплекс VERICUT; система разработки постпроцессоров для станков с ЧПУ IMSpost и ряд других. Все перечисленное программное обеспечение широко применяется в мировой и отечественной промышленности, в ведущих технических университетах. Кроме того, в учебном и научном процессе используются собственные, разработанные на кафедре, программные системы унификации и группирования деталей, проектирования технологических процессов, базы данных средств технологического оснащения.

Применяемое в учебном процессе и научных исследованиях технологическое оборудование интегрировано с системами подготовки трехмерных моделей и управляющих программ. Существующее положение таково, что поддержка в рабочем состоянии уникального оборудования, обеспечение его материалами, проведение работ по интеграции с программными системами требует достаточно больших финансовых средств и квалифицированного обслуживающего персонала. Поэтому некоторые лаборатории созданы и эксплуатируются с участием промышленных предприятий-партнеров Университета: ОАО „Техприбор“, ЗАО „Диаконт“, ОАО „ЛОМО“. Такая кооперация взаимовыгодна: предприятия имеют возможность проводить исследования различных задач в рамках самостоятельной работы магистрантов и выполнения ими диссертаций с использованием нового оборудования, таким образом значительно упрощается решение кадровых вопросов.

Наряду с освоением нового оборудования и разработкой учебно-методических комплексов потребовалось выполнить дополнительные организационно-технические мероприятия, которые позволяют увеличить эффективность работы лабораторий. В частности, их территориальная разобщенность (в настоящее время — в пределах Санкт-Петербурга) потребовала провести работы по объединению частных локальных сетей лабораторий в единую корпоративную сеть кафедры на основе технологии VPN. Это позволило упростить управление учебным

процессом, выполнять инженерные проекты в распределенной среде, оптимизировать использование лицензий на программное обеспечение, организовать дистанционное обучение, приступить к созданию единого информационного пространства кафедры.

Используя эти ресурсы, преподавательский коллектив кафедры успешно обеспечивает подготовку специалистов по двум направлениям: 2001 — „Приборостроение“ и 2301 — „Информатика и вычислительная техника“. В рамках этих направлений кафедра готовит бакалавров и магистров, а также специалистов по технологии приборостроения, организации производства, искусственному интеллекту в приборостроении и автоматизации технологического проектирования.

В период 2007—2008 гг. в рамках реализации задач инновационной образовательной программы коллективом кафедры совместно с промышленными предприятиями разработаны три новые магистерские программы:

- технологическая подготовка производства приборов и систем;
- управление жизненным циклом приборов и систем;
- проектирование интегрированных автоматизированных систем технической подготовки производства.

Изучение технологии приборостроения базируется на применении высокопроизводительного оборудования с ЧПУ, включая роботизированные поточные линии с единой системой управления, производственные подразделения с применением интеллектуального обрабатывающего, складского и транспортного оборудования. Организовано изучение основ технологии быстрого прототипирования и производства (Rapid Prototyping/Rapid Manufacturing), создания баз правил проектирования технологических процессов, создания интегрированных систем технологического проектирования на основе PLM-технологий.

Особое внимание кафедра уделяет организации учебного процесса в тесной кооперации с научными и производственными организациями, а также с инновационными коммерческими компаниями. Наши студенты проходят производственно-технологическую, производственно-управленческую, проектно-технологическую и научно-исследовательскую практику на предприятиях города. На практике студенты совместно с преподавателями проводят научно-производственные работы по внедрению новых информационных технологий на предприятиях, разрабатывают методы и создают программные средства адаптации универсальных PLM-решений к особенностям отечественного производства, а также разрабатывают методы и программные компоненты технологической подготовки производства, необходимые для информационной поддержки жизненного цикла изделий на предприятии.

Студенты уже на этапе обучения привлекаются к инженерной и научной деятельности, что позволяет им адаптироваться к профессиональной деятельности еще до окончания Университета, а работодатели имеют возможность не только познакомиться с будущими специалистами, но и активно привлечь их к решению производственных задач. Такой подход к обучению позволяет многим студентам выбрать предприятие и работу в соответствии с интересами и их знаниями.

Научно-исследовательская работа на кафедре проводится по трем направлениям: организация группового производства, регуляризация микрогеометрии и управление качеством технических поверхностей деталей машин и приборов, автоматизация производства.

Теория организации группового производства дополняется методами интеграции не только на этапах технической подготовки производства, но и по всему жизненному циклу изделия — начиная с исследования рынка сбыта приборов и машин и заканчивая их утилизацией.

Регуляризация микрогеометрии и управление качеством технических поверхностей деталей машин и приборов развивается по пути формирования свода правил по управлению функциональными свойствами деталей машин и приборов. В настоящее время исследуются

способы управления функциональными свойствами поверхностного слоя деталей при использовании других методов их обработки.

Автоматизация производства в данный момент охватывает работы по решению проблем автоматизированного проектирования технологических процессов и унификации и группирования изделий, разработаны теоретические положения по выполнению проектных работ и построению методов проектирования систем автоматизированного проектирования технологических процессов. Причем речь идет не о механическом расширении состава работ, а об интеграции теоретических основ организации группового производства, автоматизации технологического проектирования в расширенных и виртуальных предприятиях, моделировании технологических процессов и формировании управляющих воздействий на основе теории конструирования приборов и машин. В настоящее время работы по системам автоматизированному проектированию технологической подготовки производства дополнились работами по автоматизации технологических процессов.

По названным направлениям сотрудниками кафедры выпущены монографии, регулярно публикуются статьи в периодических изданиях, организуются семинары, делаются доклады на международных и российских конференциях. Научную работу кафедра проводит с привлечением студентов практически всех курсов. Наиболее способные студенты и аспиранты кафедры проходят стажировку в Техническом университете Ильменау (Германия), с которым кафедра имеет тесные научные и учебные связи.

Кафедра проводит большую методическую работу, в рамках которой решаются задачи

— формирования ряда учебных курсов и циклов лекций, обеспечивающих комплексную подготовку специалистов по применению и развитию интегрированных систем технической подготовки производства;

— разработки учебно-методических материалов, основанных на применении информационных технологий образования и способствующих освоению новых информационных технологий в сфере технической подготовки производства приборостроительных и машиностроительных предприятий с использованием новых лабораторных ресурсов;

— создания многоуровневой системы подготовки специалистов в области компьютеризации процессов технической подготовки производства с применением информационных образовательных технологий и активных методов обучения;

— создания распределенной научно-образовательной среды для подготовки специалистов совместно с ведущими промышленными предприятиями и инновационными компаниями;

— создания системы сопровождения, обеспечивающей сквозное отслеживание качества процесса обучения специалиста по всему жизненному циклу обучения (абитуриент—студент—выпускник).

Опираясь на анализ проблем и тенденций развития промышленности и образования, кафедра технологии приборостроения продолжает свое развитие.

*В. А. ВАЛЕТОВ, Д. Д. КУЛИКОВ,
Б. С. ПАДУН, Е. И. ЯБЛОЧНИКОВ*

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658.511.4:621.7; 621.9:658.511.4

Е. И. ЯБЛОЧНИКОВ, Ю. Н. ФОМИНА, А. А. САЛОМАТИНА

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ

Рассматривается метод оптимизации технологической подготовки производства (ТПП) приборостроительных предприятий, основанный на применении многоагентных технологий при распределении заказов ТПП в среде виртуального предприятия.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, виртуальные предприятия, многоагентные технологии, генетический алгоритм.

Как известно, одной из главных причин недостаточно высокой эффективности отечественной промышленности являются устаревшие организационные структуры в сфере проектирования и технологической подготовки производства (ТПП). Этап ТПП является наиболее длительным в процессе создания новых видов изделий. Для совершенствования организационных структур предприятий требуется рассмотрение их деятельности не с точки зрения функционирования структурных подразделений, а с точки зрения организации и протекания бизнес-процессов [1]. Новая организационная структура компании базируется на управлении бизнес-процессами и производственными ресурсами.

Применительно к ТПП под ресурсом следует понимать не только производственные мощности, но и некоторые услуги, предоставляемые участниками ТПП. Для эффективного использования механизма предоставления услуг необходимо наличие некоторой распределенной конкурентной среды. Критериями эффективности при этом служат сроки выполнения работ, их стоимость и качество. Предоставление и использование услуг осуществляется в едином информационном пространстве ТПП.

Предоставление услуг в распределенной конкурентной среде предполагает наличие определенной юридической или организационно-хозяйственной самостоятельности исполнителя. Таким образом, традиционную иерархическую структуру служб ТПП можно рассматривать как структуру, основанную на принципах построения виртуального предприятия [1]. Участниками виртуального предприятия (ВП) могут быть любые организации, предоставляющие на конкурентной основе требуемые виды услуг.

Применение многоагентных технологий [2] позволяет наилучшим образом поддерживать взаимосвязь между заказчиком и исполнителем. Данные технологии могут использоваться при решении задач ТПП в среде ВП, когда в открытой информационной среде (ОИС) существуют общедоступные описания рынка заказов и рынка услуг. Прежде всего для построения схемы функционирования агентов необходимо определить структуру и содержание ОИС. Эта среда образована компьютерной сетью, распределенной по предприятиям — по-

тенциальным участникам кооперации. Итак, анализ ресурсов будет происходить с помощью многоагентных технологий в базе знаний, построение модели данных которой требует соблюдения определенных правил. Разработанная модель должна содержать множество типовых операций (видов операций или видов работ, вне зависимости от способа их выполнения); множество отношений, ставящих в соответствие типовым операциям технологические ресурсы предприятий-участников ВП; множество отношений, ставящих в соответствие типовым операциям операции, необходимые для выполнения заказа [3].

Нами предлагается следующая схема функционирования многоагентной системы (МАС) на основе использования четырех классов программных агентов A , B , C и D .

1. После того как на предприятии, осуществляющем в кооперации управляющую деятельность, сформировался план ТПП и определился пакет заказов $\{Z_j; j = 1, 2, \dots, M\}$ для субподрядчиков, этот факт фиксируется в PDM-системе как некоторое событие S_1 , переводящее агентов класса A в активное состояние.

2. Событие S_1 приводит к инициализации работы группы агентов $\{A_j; j = 1, 2, \dots, M\}$, т.е. каждый заказ Z_j обрабатывается своим агентом A_j . Каждый агент на основании анализа видов выполняемых предприятиями работ определяет множество возможных предприятий-субподрядчиков $\{P_k; k = 1, 2, \dots, L\}$. Завершение работы агента A_j фиксируется в PDM-системе как некоторое событие S_2 , переводящее в активное состояние агентов класса B .

3. Событие S_2 приводит к инициализации работы группы агентов $\{B_{kj}; k = 1, 2, \dots, L; j = 1, 2, \dots, M\}$, т.е. каждый агент B_{kj} обрабатывает информацию по одному из возможных предприятий-субподрядчиков P_k для выполнения заказа Z_j . Обработка заключается в анализе производственных ресурсов данного предприятия и степени их загрузки. В результате проведенного анализа предприятию P_k присваивается некоторый рейтинг R_{kj} .

4. После того как все агенты $\{B_{kj}; k = 1, 2, \dots, L; j = 1, 2, \dots, M\}$ завершили работу по анализу возможностей предприятий-субподрядчиков $\{P_k\}$ для выполнения заказа Z_j , в PDM-системе фиксируется событие S_3 , переводящее в активное состояние агентов класса C . В результате иницируется работа агента C_j , который осуществляет анализ рейтингов $\{R_{kj}\}$ и выбор исполнителя $\{P_{kj}\}$ для заказа Z_j на основании некоторого критерия оптимизации.

5. По завершении работы всех агентов класса C в PDM-системе фиксируется событие S_4 , иницирующее работу агента класса D . Этот агент формирует для предприятия-заказчика „сводную ведомость“, содержащую информацию по всем субподрядчикам, выбранным для выполнения работ по ТПП данного изделия.

В рассмотренной МАС не конкретизируются методы решения агентами класса B основной задачи — анализа ресурсов и загрузки мощностей предприятия с точки зрения эффективности выполнения заказа. Также не раскрываются методы уточнения стоимости и сроков выполнения заказов. Указанные задачи не имеют универсальных способов решения, тогда как для частных способов следует учитывать специфику рассматриваемой предметной области. Кроме того, зачастую качественные характеристики невозможно „свести“ к количественным. По своей сути эти методы не допускают „жесткой“ формализации предметной области. Если исполнитель занимается проектированием и изготовлением пресс-форм, то в описании соответствующей услуги (ресурса) крайне сложно указать ее количественные ограничения. Для разработки алгоритмов оптимизации в этих условиях следует пользоваться методами теории нечетких множеств и нечеткой логики [4].

Эффективное функционирование ТПП подразумевает также поиск наилучшего варианта составления пакетов заказов. Для сложных изделий число возможных вариантов комплектования заказов ТПП может быть достаточно велико и при этом оптимальное распределение заказов зависит от выбора как варианта комплектования, так и исполнителей заказа.

Очевидно, что заказчику работ по ТПП удобнее иметь дело с меньшим числом исполнителей, т.е. формировать крупные пакеты заказов. Однако далеко не все исполнители могут

выполнить крупные заказы, в частности, исполнитель может не решить некоторые задачи или может не выполнить крупный заказ в намеченные сроки из-за ограниченных производственных мощностей. Это резко сужает круг возможных исполнителей, в результате стоимость выполнения работ по ТПП может оказаться существенно выше той, которая имела бы место при формировании меньших пакетов заказов.

Для сложных изделий число задач ТПП может составлять несколько тысяч. Однако даже в случае нескольких сотен задач очевидно, что число возможных вариантов пакетов заказов настолько велико, что задача оптимизации не может быть решена путем простого перебора всех этих вариантов. Для решения подобных задач используются различные формы так называемого направленного перебора. В нашем случае целью перебора является минимизация стоимости E выполнения ТПП:

$$E = \min(E_1, E_2, \dots, E_N),$$

где E_1, E_2, \dots, E_N — стоимость ТПП при различных вариантах (1, 2, ..., N) составления пакетов заказов.

Рассмотрим решение данной задачи на небольшом примере. Пусть заказы на выполнение работ по ТПП разбиты на три группы: заказы на проектирование и изготовление средств технологического оснащения (СТО), заказы на разработку технологических процессов (ТП) и заказы на проектирование и изготовление нестандартного оборудования (НСО). В рамках каждой группы имеется некоторый набор единичных заказов, к которым, например, можно отнести разработку одного ТП или проектирование и изготовление одной пресс-формы. Эти единичные заказы будем обозначать кружочками, как показано на рис. 1.



Рис. 1

В рамках указанных трех групп сформируем некоторое количество различных вариантов (1—3) комплектования пакетов (рис. 2). Каждый пакет изображен в виде овала, обводящего несколько единичных заказов. Для каждого варианта определим исполнителей и рассчитаем стоимость, используя предложенную МАС.

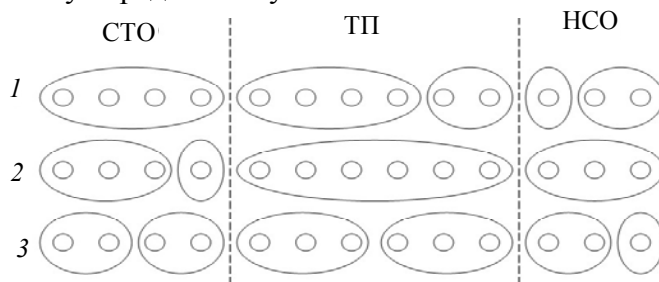


Рис. 2

Упорядочим различные варианты по возрастанию стоимости выполнения работ ТПП, т.е. первый вариант соответствует наименьшей стоимости, стоимость второго варианта выше стоимости первого и т.д. Так как первые несколько вариантов являются наиболее удачными, то логично предположить, что комбинации этих вариантов могут быть еще более удачными. Составим несколько таких комбинаций (одна из них показана на рис. 3) и рассчитаем стоимость этих новых вариантов. После этого вновь упорядочим все варианты по стоимости. Если новые варианты оказались более удачными, они попадут в начало списка. После этого опять повторим процедуру составления новых вариантов и т.д.

Очевидно, что каждый повторный цикл шагов описанной процедуры будет улучшать предыдущее решение. Остановка алгоритма целесообразна только в двух случаях:

— допустимое время на принятие решения исчерпано;

— каждое последующее решение не улучшает существенно значения целевой функции, т.е. алгоритм работает в области ее экстремума. Для правила остановки алгоритма необходимо установить значение такого „несущественного“ приращения, а также задать максимальное количество последовательно выполненных циклов процедуры, в которых получаемое приращение может оказаться меньше установленного.

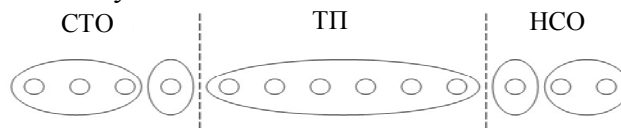


Рис. 3

Теоретически существует еще один критерий остановки — это ситуация, когда выполнен полный перебор возможных решений. Однако в практических случаях такой вариант крайне маловероятен. Тем не менее формально в алгоритме должна быть учтена возможность проверки этой ситуации во избежание заикливания.

Рассмотренная схема направленного перебора представляет собой реализацию так называемого генетического алгоритма [5]. Генетический алгоритм (ГА) представляет собой метод оптимизации, основанный на концепциях естественного отбора и генетики. В этом подходе переменные, характеризующие решение, представлены в виде генов в хромосоме. ГА оперирует конечным множеством решений (популяцией) — генерирует новые решения как различные комбинации частей решений популяции, используя такие операторы, как отбор, рекомбинация (кроссинговер) и мутация. Новые решения позиционируются в популяции в соответствии с их положением на поверхности оптимизируемой функции.

Необходимо отметить один важный момент. Работа ГА в нашем случае неявным образом предполагает, что задача подбора исполнителей, решаемая на основе применения описанного выше многоагентного алгоритма, выполняется автоматически, т.е. не содержит элементов диалога. В противном случае каждый цикл ГА будет занимать такое время, при котором выполнение большого числа итераций ГА станет неприемлемым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зильбербург Л. И., Молочник В. И., Яблочников Е. И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. СПб: Политехника, 2004. 152 с.
2. Евгеньев Г. Б. Системология инженерных знаний. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2001. 376 с.
3. Яблочников Е. И., Шилов Н. Г. Организация процесса технологической подготовки производства на основе модели предприятия // Изв. вузов. Приборостроение. 2007. Т. 50, № 8. С. 69—73.
4. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
5. Романовский И. В. Алгоритмы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1977. 352 с.

Сведения об авторах

- Евгений Иванович Яблочников** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: ejj@mail.ifmo.ru
- Юлия Николаевна Фомина** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; ассистент; E-mail: yuli-fomina@yandex.ru
- Анна Алексеевна Саломатина** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: Salomatina.Anna@gmail.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

Б. С. ПАДУН

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматриваются основные положения технологии построения программных комплексов, проектирования алгоритмов и программных компонентов, организации информационного взаимодействия программных комплексов и компонентов, формирования схем решения технологических задач.

Ключевые слова: технология проектирования алгоритмов и программ, программное обеспечение, алгоритмический модуль, программный модуль, инструментальная система.

Введение. Система автоматизированного проектирования (САПР) технологической подготовки производства (ТПП) включает большое число составных разнородных элементов и имеет сложное управление, ее компоненты имеют разный уровень формализации, ее пользователи — это специалисты в различных областях знания, при решении задач используются разные (порой противоречивые) критерии, система может допускать ошибки, ей необходимо адаптироваться к внешним условиям и развиваться во времени.

Когда решаются локальные задачи технологического проектирования или когда они решаются только в диалоговом режиме, разработчик практически не задумывается о технологии проектирования алгоритмов и программных компонентов. Но переход к созданию интегрированной системы сразу „вскрывает“ проблемы проектирования, вызванные отсутствием такой технологии.

Цель настоящей статьи — сформулировать основные положения технологии проектирования САПР ТПП [1, 2].

1. *Формирование состава и структуры программного обеспечения (ПО) САПР ТПП.* В работах [2, 3] САПР ТПП определена как совокупность программных, информационных, лингвистических и технических слоев. Программные слои обеспечивают связь пользователя с абсолютными ресурсами. Такой подход известен как подход Е. Дейкстра. В работах [2, 3] предложена организация связи САПР ТПП с системами управления базами данных через специальный слой, который был назван интерфейсным. Связь пользователя и программных компонентов обеспечивается специальными языковыми средствами (лингвистическими слоями).

Применение слоевого подхода позволяет решить задачу независимости программного приложения от способа хранения данных и используемых СУБД, создает предпосылки для эффективного использования инвариантных программных средств и повышает адаптивные свойства системы.

2. *Определение структуры и состава пакета и управления пакетом программ.* В работе [4] предлагалось использовать для САПР ТПП два варианта организации пакета: простой для локальных систем и сложный — для комплексных и интегрированных. Состав задач ТПП и последовательность их решения определяются динамически во время выполнения работ. Для этого управляющая программа пакета реализует программную грамматику, где словарь (терминальные символы) — это имена компонентов ПО; классы (нетерминальные символы) — это имена функций ТПП; аксиома — это имя составной части управляющей программы „монитор“, классы „система“ и „аварийное завершение“; правила подстановки — это возможные структурные варианты терминальных и нетерминальных символов, которые разбиты по классам.

В процессе проектирования ТПП некоторые компоненты ПО или пользователь в режиме диалога задают правила подстановки. „Монитор“ реализует предложение, состоящее из

терминальных и нетерминальных символов. Передача управляющих данных выполняется через коммуникационную область памяти, проблемных — через общую область.

3. *Выбор способа построения программного компонента*, решающего конкретную задачу ТПП. В работе [2] предложены правила определения способа построения программного компонента, которые основаны на согласовании классификаций задач проектирования и типов программных компонентов. Задачи разделяются на четыре группы (рис. 1):

— инвариантные по отношению к производственным условиям, где эти задачи решаются, поэтому программные компоненты строятся как неизменяемые (оригинальные);

— с неизменяемым составом параметров, по которым принимаются решения, и схемой решения, но с изменяемыми пороговыми значениями параметров. В этом случае строятся оригинальные программные компоненты, для которых пороговые значения параметров выбираются из базы данных или передаются через формальные параметры;

— с изменяемой схемой решения, но с возможностью многократного использования. Алгоритмы решения этих задач следует реализовывать инвариантными программными средствами, имеющими в своем составе унифицированный набор обрабатывающих программ;

— с изменяемой схемой решения, но с возможностью одноразового использования. Алгоритмы решения этих задач реализуются программными компонентами, которые вызываются пользователем в процессе решения задачи. Для вызова программных компонентов могут использоваться языки, приближенные к естественному языку пользователя, меню или справочники.

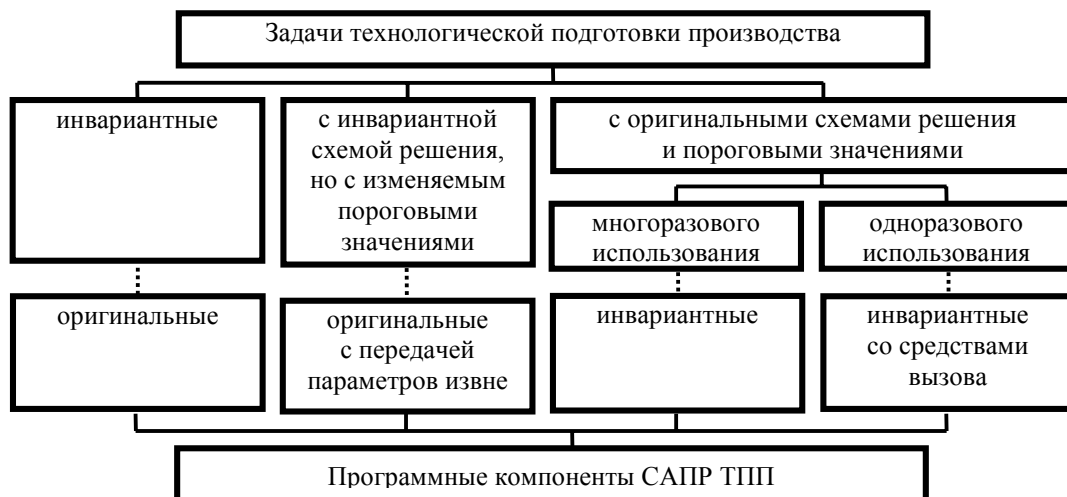


Рис. 1

Использование данного положения позволяет создать минимально необходимый и достаточный состав программных и алгоритмических средств, на основе которых строится САПР ТПП, это увеличивает адаптивные свойства последней.

4. *Формирование схемы решения задачи* на основе принципа неокончателных решений. В этом случае схема решения задачи представляется в виде последовательности алгоритмов, где каждый алгоритм решает только часть задачи и определяет допустимое множество решений. Укрупненная модель решения задачи в общем случае представляется в виде

$$\left. \begin{aligned} L \quad K \quad \left(\bigcap_i K_i \quad \Gamma_i \quad O_j \right) &= r_j, \\ \Gamma_i &= \Gamma_{\lambda i} \quad \dots \quad \Gamma_{2i} \quad \Gamma_{1i}, \\ \bigcap_i K_i \quad \Gamma_i \quad O_j &= R_j, \quad r_j \in R_j, \end{aligned} \right\}$$

где L — диалоговый оператор уточнения или корректировки решений; K — глобальный критерий оценки решений; K_i — частный критерий оценки решений i -й задачи; Γ_i — алгоритм решения i -й задачи; O_j — j -й объект, относительно которого принимается решение; r_j — j -е решение; R_j — множество допустимых решений. Наличие членов $\bigcap_i K_i \Gamma_i O_j$ и $\Gamma_i = \Gamma_{\lambda_i} \dots \Gamma_{2i} \Gamma_{1i}$ говорит о том, что процесс принятия решений может быть соответственно параллельным и последовательным. Алгоритмы Γ_{λ_i} могут быть реализованы путем синтеза, выбора и поиска решений, порождения новых множеств, вычисления и т.д., которые являются инвариантными по отношению к конкретным алгоритмам.

5. Унификация представления алгоритмического и программного модулей САПР ТПП. Алгоритмический модуль (АМ) в общем случае включает блоки, представленные на рис. 2, а. Назначение блоков понятно из их названия, исключение составляет блок б. Он описывает действия, направленные на изменение условий проектирования, к которым автор относит те свойства информационных объектов, которые изменяются после применения выбранного решения. Например, во время проектирования технологических процессов после применения выбранного инструментального перехода изменяется состояние заготовки. При возможности изменения условий проектирования после выбора решения работа алгоритмов становится независимой от предыстории развития процесса проектирования. Работа алгоритма — это самостоятельная и независимая часть процесса проектирования.

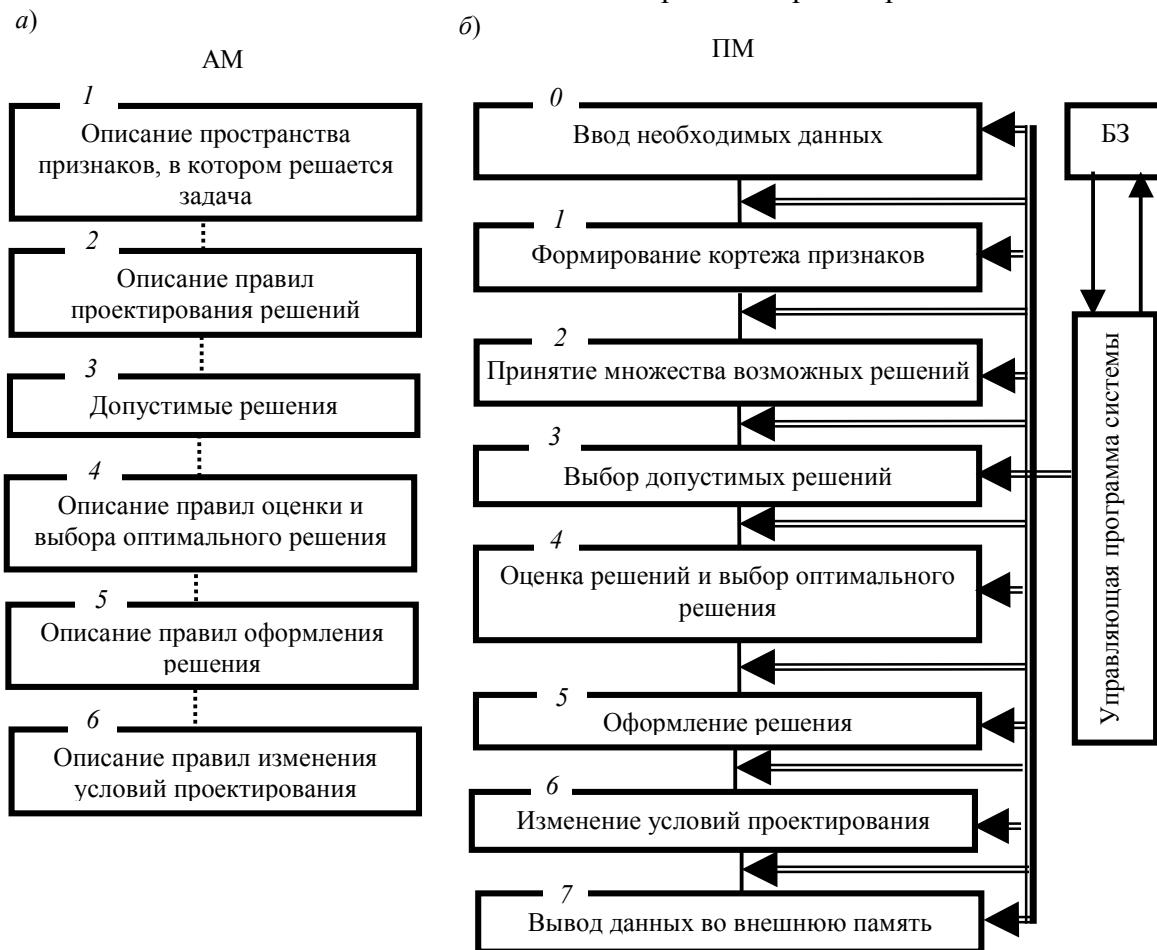


Рис. 2

Заметим, что если в блоке 2 будут описаны правила, позволяющие выбрать допустимые (т. е. не зависящие от производственных условий) варианты решений, то алгоритм, кроме блока 3, может тиражироваться. Адаптация к конкретным производственным условиям произво-

дится заменой блока 3. Следовательно, можно создать библиотеку алгоритмов, которые следует рассматривать как хранилище универсальных технологических знаний. При этом упрощается процесс развития алгоритмов, их обслуживания, распространения и описания.

Программный модуль (ПМ) имеет сходную с АМ структуру (см. рис. 2, б), за исключением первого (0) и последнего (7) блоков, которые необходимы для ввода—вывода данных. При формировании пространства признаков могут рассчитываться сложные признаки с использованием специальных функций. Функции оценки решений, формирования результатов проектирования и условий проектирования формализуются и типизируются. Каждый блок ПМ является функционально автономным. Все связи (информационные и управляющие) между различными ПМ и их блоками организуются стандартным способом и могут реализовываться с помощью инвариантных программных компонентов. Пример представления алгоритма выбора решения, удовлетворяющего данному положению, представлен в [2].

6. Организация информационного взаимодействия программных комплексов и компонентов САПР ТПП, в которой можно выделить четыре уровня представления данных (рис. 3): 0 — уровень пользователя, 1 — общий уровень системы, 2 — уровень комплексов, 3 — уровень компонентов (T — трансляторы, W — программы вывода данных, E_1 и E_2 — редакторы, A — программы формирования пространства признаков, F — программы формирования результата).

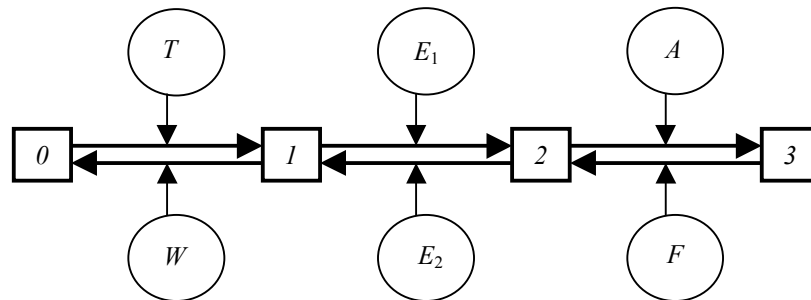


Рис. 3

Для каждого комплекса в общем случае формируется оригинальное представление заданий, а также входных и выходных данных. Это необходимо для удобства эксплуатации ПО, минимизации состава данных об объектах и процессах, возможности представления результатов в форме выходных документов.

Таким образом реализуются принципы независимости и открытости САПР ТПП, но принцип системного единства требует описания исходных данных на едином языке системы J (1-й уровень). Следовательно (рис. 4), язык J_n n -го программного комплекса (2-й уровень) системы должен являться либо составной частью языка системы J ($J_n \subseteq J$), либо между языками должно быть взаимно-однозначное соответствие ($J_n \leftrightarrow J$). То же должно быть справедливо и для выходного языка, т.е. либо язык G_n комплекса n (2-й уровень) является подмножеством выходного языка системы G (1-й уровень) ($G_n \subseteq G$), либо должно существовать между ними взаимно-однозначное соответствие ($G_n \leftrightarrow G$).

Языки J и G называются предметными языками описания полной модели объекта или процесса, а языки $\{J_n\}$ и $\{G_n\}$ — предметными языками описания частных моделей объекта или процесса. Для перехода от языка J к языкам J_n и от языков G_n к языку G описания данных необходимы редакторы (на рис. 3 — это E_1 и E_2). В этом случае модель описания объекта или процесса на языках J_n или G_n называется производной. Языки J_n и G_n должны иметь единый синтаксис, так как по мере развития системы будут добавляться новые языки, что требует открытости языков J и G .

Каждый компонент также может иметь оригинальное представление данных. Для перехода к 3-му уровню служат программы формирования пространства признаков задачи A , а для перехода от 3-го уровня — программы формирования результата F . Технология проектирования

алгоритмов и программ должна обеспечивать явное выделение пространства признаков решения задачи и правил формирования массивов результатов. Это согласуется с предложенным способом представления АМ и ПМ (см. рис. 2), где блок 1 АМ реализуется программами группы A , а блок 5 АМ — программами группы F .

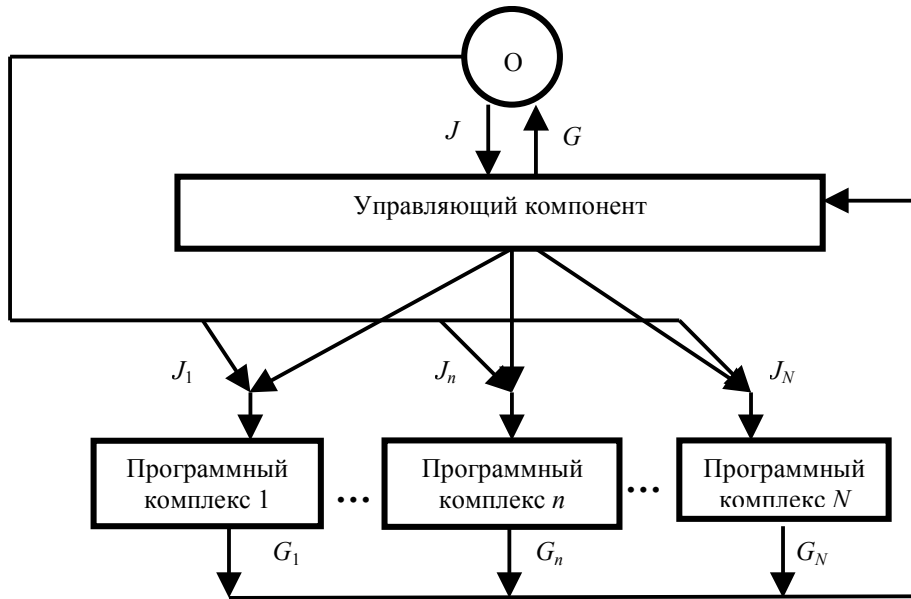


Рис. 4

7. *Декомпозиция алгоритмов.* Алгоритмы решения задач ТПП разделяются на части по правилу: „каждая часть алгоритма должна являться функцией признаков, относящихся к объектам одного класса“.

Например, решение задачи назначения инструментального перехода $P = f(D, B, I)$ зависит от параметров детали D , от возможностей оборудования B и параметров инструмента I . Можно эту задачу представить как композицию трех задач $P = P_I P_B P_D$. В задаче P_D по параметрам детали и заготовки определяются способ обработки, интервальные значения режимов резания и требования к режущему инструменту. В задаче P_B по параметрам оборудования уточняются режимы резания и требования к инструменту. В задаче P_I по требованиям к режущему инструменту определяются его параметры. Как видно, в этом случае каждая последующая задача доопределяет решение предыдущей.

Другой пример, когда при изготовлении детали необходимо минимизировать состав используемого режущего инструмента. В этом случае для каждой поверхности независимо друг от друга определяются возможные способы обработки и требования к режущему инструменту. А затем окончательное решение задачи находится пересечением всех полученных множеств возможных способов обработки.

Следовательно, каждая часть алгоритма должна „выбирать“ допустимое множество альтернативных решений, что согласуется с четвертым и пятым положениями технологии проектирования. Безусловно, такой подход усложняет проектирование алгоритмов, но при этом значительно повышается их тиражируемость.

8. *Организация инвариантных программных комплексов* для решения задач ТПП с оригинальными схемами решения и многократным использованием. Данные комплексы имеют три уровня: пакеты настройки, обработки и системы управления базами данных и знаний. Пакет обработки выполняет одну из задач ТПП и включает в свой состав лингвистические средства, ориентированные на технолога, и инвариантные программные средства, которые настраиваются на решение конкретной задачи по правилам из базы знаний. Пакет настройки предназначен для настройки пакета обработки на выполнение конкретной функции в кон-

кретных производственных условиях. В состав пакета входят средства, ориентированные на разработчика и обеспечивающие накопление баз данных и знаний. Связь между пакетами настройки и обработки осуществляется только через базы данных и знаний. Следовательно, эта связь только информационная. В работе [2] достаточно подробно представлены программные комплексы „Адрес“ и „Группа“.

Заключение. Соблюдение описанных положений, которые определяют технологию проектирования алгоритмического и программного обеспечения, позволяет генерировать САПР ТПП для конкретного предприятия и осуществлять дальнейшее ее развитие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанов С. П., Гульнов Ю. А., Куликов Д. Д., Падун Б. С. Применение ЭВМ в технологической подготовке серийного производства. М.: Машиностроение, 1981. 287 с.
2. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Милев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
3. Падун Б. С. Программное обеспечение САПР ТПП. Л.: ЛИТМО, 1989. 77 с.
4. Падун Б. С. Математическое обеспечение АСПП. Л.: ЛИТМО, 1981. 83 с.

Сведения об авторе

Борис Степанович Падун

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

УДК 608.01 519.765

Ю. Е. КОТЕЛЬНИКОВА

ОБРАБОТКА ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ И ЭВОЛЮЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Исследованы системы обработки текстовой информации, рассмотрены проблемы анализа текстов в производственных задачах.

Ключевые слова: неструктурированные данные, Text Mining, текстовые данные, автоматизированные системы.

Введение. Из всей существующей информации не менее 90 % составляют неструктурированные данные, т.е. совокупность документов, представляющих собой логически объединенный текст без каких-либо ограничений на его структуру. Такая информация хранится в текстовых полях, дальнейшая обработка которых невозможна без потери семантики текста и отношений между его элементами. Для анализа неструктурированных данных на стыке нескольких областей (DataMining, обработка естественных языков, поиск информации, извлечение информации и управление знаниями) разрабатывается особая группа методов — Text Mining.

Программное обеспечение, реализующее методы Text Mining. На настоящий момент существует программное обеспечение, реализующее методы Text Mining, это — масштабируемые системы, имеющие развитые графические интерфейсы, богатые возможности

визуализации и манипулирования данными, которые предоставляют доступ к различным источникам данных, функционируют в архитектуре клиент—сервер. Рассмотрим их подробнее.

SemioMap — это продукт компании Entrieva, созданный в 1996 г. ученым-семиотиком Клодом Фогелем. Центральным блоком SemioMap является лексический экстрактор — программа, которая выявляет в текстовой совокупности фразы, объединенные общей семантикой [1].

Autonomy Knowledge Server. Основное преимущество системы — мощные интеллектуальные алгоритмы, основанные на статистической обработке. Эти алгоритмы базируются на информационной теории Клода Шаннона, байесовых вероятностях и нейронных сетях.

Galaktika-ZOOM — продукт российской корпорации „Галактика“. Основное назначение системы — интеллектуальный поиск по ключевым словам с учетом морфологии русского и английского языков, а также формирование информационных массивов по конкретным аспектам [1].

InfoStream. Ядром механизма обработки содержания InfoStream является полнотекстовая информационно-поисковая система InfoReS. Технология позволяет создавать полнотекстовые базы данных и осуществлять поиск информации, формировать тематические информационные каналы, автоматически „рубрицировать“ информацию, формировать таблицы взаимосвязей понятий, гистограммы распределения весовых значений отдельных понятий.

Средства Oracle — Oracle Text, InterMedia Text. В Oracle9i средства текстового анализа развились и получили новое название — Oracle Text — программный комплекс, интегрированный в СУБД, обеспечивающий решение следующих задач анализа текстовой информации: поиск документов по их содержанию, классификацию документов, кластеризацию документов, извлечение ключевых понятий, автоматическое аннотирование, поиск в документах ассоциативных связей.

Intelligent Miner for Text. Этот продукт фирмы IBM представляет собой набор отдельных утилит, запускаемых из командной строки или из скриптов независимо друг от друга. Система включает ряд базовых компонентов, которые имеют самостоятельное значение вне пределов технологии Text Mining.

Text Miner. Американская компания SAS Institute выпустила систему SAS Text Miner для сравнения определенных грамматических рядов в письменной речи. Text Miner обеспечивает логическую обработку текста в среде пакета SAS Enterprise Miner. Это позволяет пользователям обогащать процесс анализа данных, интегрируя неструктурированную текстовую информацию с существующими структурированными данными.

TextAnalyst компании Мегэпьютер Интеллидженс решает следующие задачи методов Text Mining: создание семантической сети большого текста, автоматическое аннотирование текста, поиск по тексту, классификацию документов, кластеризацию текстов. Система TextAnalyst рассматривает технологию TextMining в качестве отдельного математического аппарата, который разработчики программного обеспечения могут встраивать в свои продукты, не опираясь на платформы информационно-поисковых систем или СУБД.

WebAnalyst — также продукт компании Мегэпьютер Интеллидженс — представляет собой интеллектуальное масштабируемое клиент-серверное решение для компаний, желающих усовершенствовать результат анализа данных в web-среде. Сервер WebAnalyst функционирует как экспертная система сбора информации и управления контентом web-сайта.

Как видим, эти системы пытаются обрабатывать текст, учитывая определенные нормы языка (так как разработки в основном зарубежные — английского). Следовательно, их использование для русских текстов сильно ограничено. Кроме того, нет ни одной системы, следовательно обеспечивающей весь процесс обработки неструктурированного текста (рис. 1). Каждый из этапов процесса подразумевает использование набора шаблонов, с которыми сравнивается найденная информация. Для разных областей знаний необходимы специфиче-

ские базы шаблонов. Данная база должна постоянно обновляться. Таким образом, определяется структура, обеспечивающая использование имеющихся шаблонов для новых запросов (рис. 2).

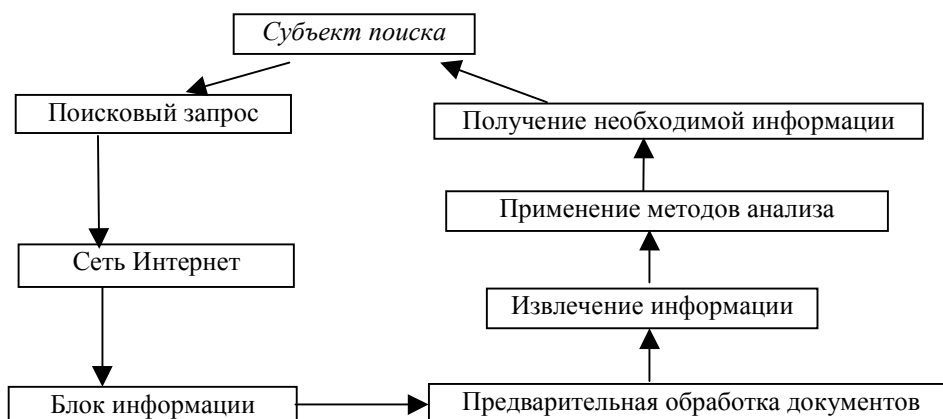


Рис. 1

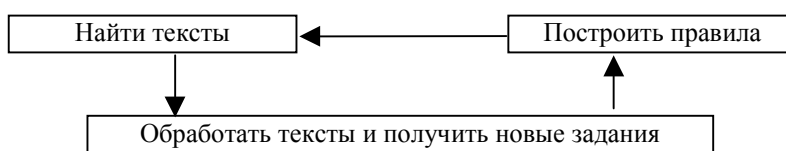


Рис. 2

Проблема анализа текстов в производственных задачах. Реализация указанной схемы, по нашим представлениям, происходит в три этапа.

1. Создание системы поиска. Цель этапа — помочь человеку (специалисту, автору) в поиске текстов, в которых могут содержаться данные, необходимые для решения поставленной задачи.

2. Обработка текста и извлечение знаний. Цель этапа — формирование новых понятий и отношений между понятиями с участием человека и без его участия.

3. Интерпретация новых знаний. Цель этапа — формирование новых или корректировка старых текстов, создание новых документов, проектирование новых правил или корректировка старых [2, 3].

На первом этапе создается автоматизированная система поиска текстов по шаблонам, которые формируются специалистами. Шаблоны могут храниться в базе или создаваться оперативно в процессе обработки текста. На этом этапе осуществляется:

1) подбор текстов, которые необходимо прочитать и проанализировать специалисту перед началом или в процессе

- выполнения конкретного проекта;
- постановки задачи и написания пояснительной записки;
- решения изобретательской задачи;
- решения конкретной инженерной задачи;
- написания книги, учебника, учебного пособия и т.п.;

2) формирование подсказки и подбор материала для

— специалиста, решающего конкретную инженерную задачу, чтобы оперативно пополнить его знания новыми материалами и знаниями в данной проблемной области;

— специалиста, решающего изобретательскую задачу, чтобы оперативно позволить „подсмотреть“ подходы к решению похожих задач в других проблемных областях;

— автора текста (книги, учебника, учебного пособия и т.п.), который был сформирован ранее, чтобы дополнить и откорректировать его.

На этом этапе следует особое внимание обратить на достижения в области *библиографии, перевода текстов и математической лингвистики*.

Целесообразно организовать поиск текстов с соблюдением их структуры. В общем случае текст имеет следующую структуру: название, шифр по классификатору, аннотация ко всему тексту, оглавление, введение, аннотация к разделам текста, текст раздела, выводы по разделу текста, заключение ко всему тексту, тезаурус (гlossарий).

Каждая структурная часть позволяет найти ответ на вопрос поиска: „Может быть полезен данный текст?“. Как нам кажется, для этого следует привлечь небольшой объем уже каким-то образом структурированных данных, а именно: название, шифр по классификатору, аннотацию ко всему тексту, оглавление, тезаурус (гlossарий) [4].

На втором этапе создается автоматизированная система извлечения знаний из текстов и формирования шаблонов для поиска новых текстов. Сформированные шаблоны заносятся в базу и могут уточняться оперативно специалистом.

Процесс проектирования автоматизированной системы извлечения знаний из текстов и формирования шаблонов для поиска новых текстов состоит из следующих этапов:

— автоматизация функций фильтрации, агрегации данных (обобщение данных должно выполняться с участием специалиста, при автоматическом выполнении только отдельных операций обобщения);

— автоматизация процесса обобщения данных и формирования новых понятий и отношений между понятиями. Процесс выполняется автоматически. Специалист либо контролирует результаты анализа, либо проводит анализ и синтез новых понятий и отношений на паритетных началах с автоматизированной системой;

— автоматизация всех операций анализа и синтеза извлечения знаний. Результаты могут контролироваться специалистом, но могут выполняться автоматически.

На втором этапе проводятся следующие виды автоматизированных и автоматических работ:

- аннотирование новых материалов,
- формирование понятий, отношений и шаблонов,
- структурирование процесса изучения нового материала (речь идет о последовательности изучения материала),
- анализ и обобщение нового материала.

Построение новых документов, правил и текстов может выполняться в автоматизированном режиме, при котором основная роль отводится специалисту, система реализует только вспомогательные функции.

На этом этапе также необходимо особое внимание обратить на достижения в *переводe текстов и математической лингвистики*.

При решении задач на втором этапе требуется обработать большой объем данных, в лучшем случае слабо структурированных, а именно: введение, аннотацию к разделам текста, текст раздела, выводы по разделу текста, заключение ко всему тексту.

На третьем этапе создается автоматизированная система интерпретации результатов анализа данных и синтеза новых знаний. С помощью данной автоматизированной системы возможно проектировать и корректировать алгоритмы, формировать документы, формировать новые и корректировать старые тексты.

Заключение. В настоящий момент отсутствует программное обеспечение, осуществляющее полный и последовательный анализ неструктурированного текста, а также в полном объеме работающее с русскоязычными текстами. Решено создать автоматизированную систему нового типа, специализирующуюся на технологической базе знаний, в которой будут реализованы все эти требования. Вынесено предложение о структуре системы, целях и содержании каждого этапа.

Работа проводилась в рамках инновационной образовательной программы „Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий“ при создании образовательного модуля „Поиск научных и технических решений“.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологии анализа данных: Data Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Берсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. 2-е изд., перераб. и доп. СПб: БХВ-Петербург, 2008. 384 с.
2. Применение ЭВМ в технологической подготовке серийного производства / С. П. Митрофанов, Ю. А. Гульнов, Д. Д. Куликов, Б. С. Падун. М.: Машиностроение, 1981. 287 с.
3. Технологическая подготовка гибких производственных систем / С. П. Митрофанов, Д. Д. Куликов, О. Н. Миляев, Б. С. Падун. М.: Машиностроение, 1987. 352 с.
4. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении / Под ред. Г. К. Горанского. М.: Машиностроение, 1976. 240 с.

Сведения об авторе

Юлия Евгеньевна Котельникова — Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; ассистент; E-mail: jkt1977@mail.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

УДК 65.011.56:621.9

Б. С. ПАДУН, А. Н. АНДРИАНОВ, С. А. ГНЕЗДИЛОВА

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ СОВРЕМЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассматриваются особенности организации инструментального производства завода, которое обслуживает как основное производство, так и заказы внешних предприятий. Предложен вариант построения интегрированной автоматизированной системы управления инструментальным производством и проектирования технологического оснащения.

Ключевые слова: инструментальное производство, виртуальное предприятие, экспертная система, технологическое оснащение, управление производством.

Введение. Инструментальное производство (ИП) завода обычно состоит из собственных цехов и участков, складов и кладовых, подразделений учета и т.п. В тех случаях, когда не хватает ресурсов ИП для изготовления технологического оснащения (ТО), привлекаются ресурсы основного производства или формируется заказ для его изготовления на других предприятиях. Отслеживает и организует процессы по проектированию, изготовлению, заказу, покупке, снабжению и хранению ТО инструментальный отдел (ИО) завода. Следовательно, инструментальное производство завода во главе с ИО является „производством в производстве“.

Все действия ИО регламентируются внутренними распоряжениями руководства завода. Нетрудно заметить, что принцип работы ИП соответствует принципу работы виртуального предприятия. Поэтому вполне закономерно его рассматривать как виртуальное предприятие

(ВП), которое физически существует внутри основного предприятия и к которому оно относится юридически, но имеет самостоятельные внешние связи.

Взаимодействие подразделений ИП с подразделениями и цехами основного предприятия осуществляется не только на основании приказов руководства, но и в соответствии с графиками оснащения новых изделий, извещениями службы главного технолога, серийного конструкторского отдела и технологическими потребностями основного производства.

Авторы считают, что рассмотрение инструментального производства как отдельного ВП внутри основного предприятия должно привести к внедрению полной автоматизации в ИП.

Обобщенная схема выполнения работ в ВП ИП представлена на рис. 1 (ТО_п — оснащение, которое планируется для проведения профилактического ремонта, ТО_с — случайно вышедшее из строя).

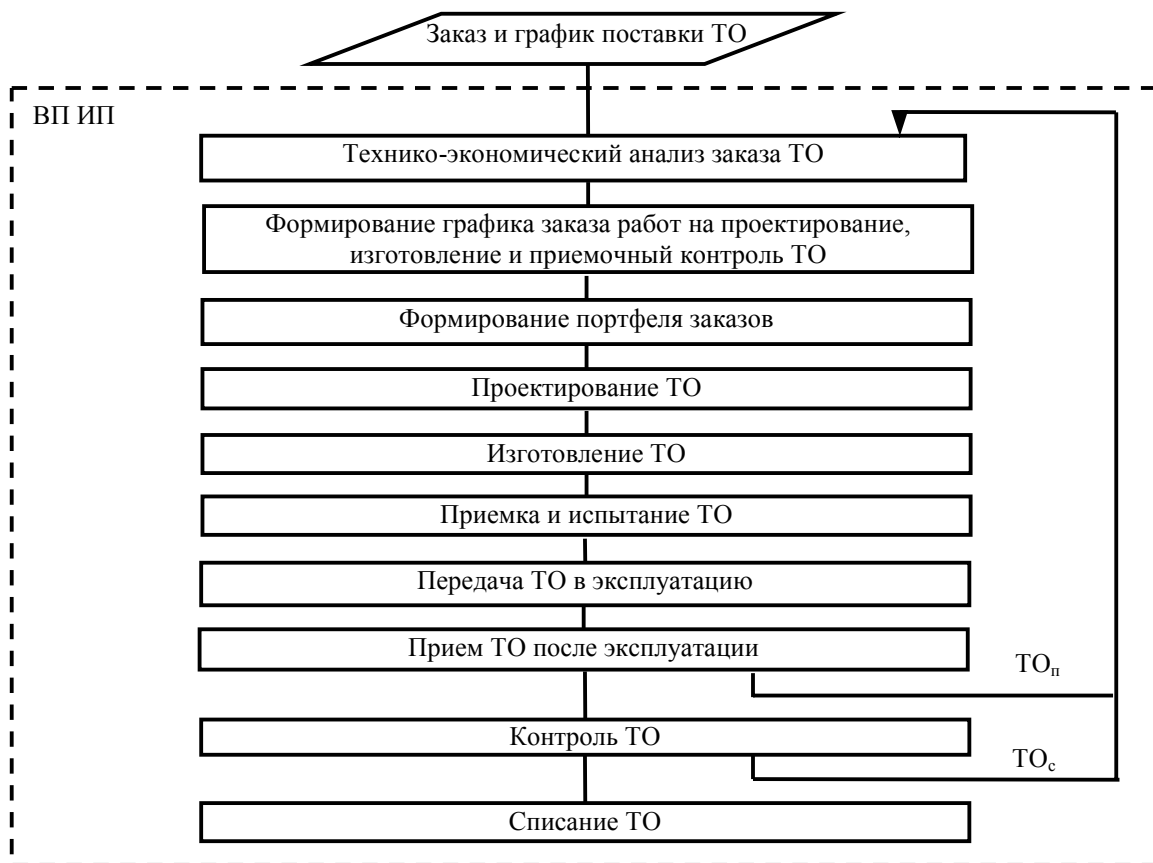


Рис. 1

Рассмотрим возможные отличия традиционных схем проведения работ на предприятиях в ИП от предлагаемой в рамках концепции ВП.

1. График поставки изделий должен поступать в ВП ИП от заказчика вместе с заказом. Если этот заказ — от основного производства, то график не подлежит изменению, если от стороннего заказчика — либо график согласовывается, либо от заказа отказываются.

2. Технико-экономический анализ заказа — это совокупность выполнения двух функций, применяемых для собственного заказа. Первая делит множество следующим образом:

$$TO = TO_1 \cup TO_2,$$

где TO_1 и TO_2 — ТО, которое может и не может быть изготовлено в ИП ВП соответственно. Вторая функция определяет достаточность ресурсов ИП для изготовления TO_d :

$$TO_d = TO_1 \cup TO_p \cup TO_c,$$

Если ресурсов недостаточно, то часть $ТО_1$ и/или часть $ТО_n$ заказывается в сторонних организациях. В этом случае сторонние заказы не принимаются и считается, что портфель заказов сформирован.

3. Если используются не все ресурсы, то портфель заказов дополняется заказами сторонних организаций, для этих заказов определяется, достаточно ли оставшихся ресурсов.

4. Вся работу по взаимодействию с подразделениями предприятия, участвующими в проектировании, изготовлении, покупке, учете и списании $ТО$, организует ИО. Не допускаются информационные связи в обход ИО.

Концепция построения автоматизированной системы виртуального предприятия ИП. Из схемы работ ВП ИП видно, что автоматизированная система должна решать задачи планирования, анализа и управления ИП, проектирования, учета, метрологического контроля, восстановления и утилизации технологической оснастки. Некоторые задачи формализованы и реализуются программными системами [1, 2]. Некоторые задачи формализованы слабо или вообще не формализованы. Следовательно, необходимы программные системы, которые в процессе эксплуатации могут пополняться новыми знаниями и компонентами. Поэтому основная идея — это *использовать для решения задач ВП ИП открытые программные и экспертные системы.*

Для объединения достаточно разнородных систем, входящих в автоматизированную систему ВП ИП, в проект заложены принципы единства управления и информационного пространства, независимости лингвистического, алгоритмического и программного обеспечения; классификации задач [3].

В состав автоматизированной системы ВП ИП должны включаться лицензионные системы разных фирм и собственные разработки. Чтобы управлять таким разнородным составом систем, необходима специальная система (назовем ее мониторной), в задачу которой входит вызов программных элементов, передача им и прием от них управляющих данных. Под программным элементом понимается отдельный компонент или комплекс, который рассматривается управляющей программой („монитором“) как неделимый объект. Элементы между собой связываются только мониторной системой (рис. 2).

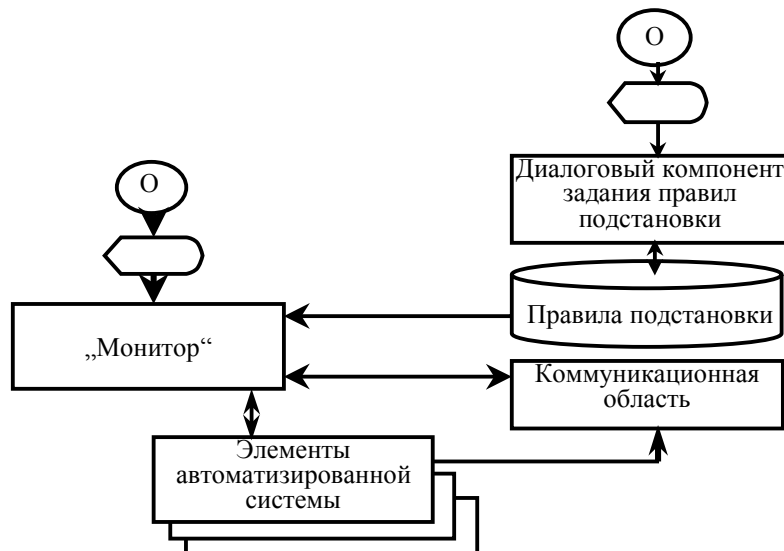


Рис. 2

Набор систем предопределяется задачами, которые должно решать ВП ИП. Ниже будут рассмотрены некоторые из них. Этот состав может пополняться по мере необходимости, но при соблюдении вышеописанного правила. Связь оператора (O) с элементами автоматизированной системы осуществляется только через „монитор“.

Система управления ВП ИП. Мониторная система реализует программную грамматику, поэтому она включает управляющую программу; строку нетерминальных и терминальных символов (первоначально она содержит аксиому); программную функцию, которая реализует правила подстановки; базу данных „правила подстановки“; диалоговый компонент формирования базы данных „правила подстановки“; коммуникационную область (рис. 2). Выбор правила подстановки определяется в ходе решения задач ВП ИП.

Система технико-экономического анализа заказов на ТО содержит два компонента, которые используют знания и данные о ресурсах ИП завода. Один компонент на основе этих знаний определяет множество $ТО_1$. Второй компонент определяет множество $ТО_2$. Знания о принципиальных возможностях ресурсов представлены в декларативной форме и хранятся в базе знаний. Форма записи правил — совершенная дизъюнктивно-нормальная [3]. Знания о временных затратах каждого ресурса представлены в виде нормативов. Входными данными нормативов являются свойства ТО. Дополнительным эффектом результатов работы системы технико-экономического анализа является формирование мероприятий по развитию ресурсов ИП, что способствует успешному развитию предприятия.

Система технико-экономического анализа заказов строится как экспертная, так как правила определения возможностей ТО и временные нормативы изготовления ТО на заданных ресурсах опираются на оценки уровня сложности ТО. Как следствие, процедура определения вероятного объема и стоимости работ по проектированию ТО практически не формализована. Основным методом получения таких данных является статистический анализ действующего производства и проектов ТО, а также выявление и идентификация элементов заказа, значимых для этих оценок. Поэтому при решении задачи необходим диалог со специалистом. Пользователи должны иметь возможность пополнять имеющиеся знания, касающиеся технико-экономического анализа заказов.

Система формирования графика заказа работ определяет порядок начала работ с учетом графика поставки ТО в основное производство. Следовательно, критерием при установлении очередности выполнения заказов являются сроки проектирования и изготовления ТО.

Как отмечалось выше, для изготовления ТО могут потребоваться дополнительные ресурсы. Объем таких ресурсов зависит от соотношения технологических возможностей и мощности собственного ИП, а также объемов и характера ТО. Следовательно, возможна кооперация, т.е. использование производственных ресурсов, не принадлежащих подразделениям ИП. Кооперация может быть внутренней, в пределах данного предприятия, и внешней, с привлечением производственных ресурсов сторонних организаций. Внутренняя и внешняя кооперация различаются характером организационных мероприятий и временными параметрами выполнения заказов.

Система формирования графика заказа работ должна содержать данные и знания о ресурсах сторонних предприятий, чтобы привлекать их для выполнения заказов на проектирование и изготовление ТО. Эти знания необходимо пополнять и корректировать. Поэтому данная система должна строиться как экспертная.

Система формирования портфеля заказов. Под портфелем заказов ВП ИП будем понимать дополнительные заказы сторонних организаций, принимаемые в работу для обеспечения полной загрузки производственных мощностей ИП. Следовательно, подбор дополнительных заказов осуществляется под свободные ресурсы ИП, и при этом возможность выполнения дополнительных заказов согласуется с графиком выполнения уже существующих. В качестве критерия формирования портфеля заказов можно выбрать показатель прибыли от деятельности ИП.

Так как в процессе деятельности ВП ИП заказы находятся на различных этапах жизненного цикла изделий, то на рис. 1 предусмотрена обратная информационная связь. Все это позволяет оценить возможность включения дополнительных заказов.

Анализ всех заказов ВП ИП позволяет выявить „окна“ в хозяйственном „портфеле“, и дать стратегические рекомендации для деятельности ИП. Для анализа могут быть использованы различные методы. Наиболее распространенными являются матрица бостонской консалтинговой группы и матрица „Дженерал Электрик“ [4]. Данные методы анализа могут быть использованы системой при формировании портфеля заказов.

Система проектирования ТО. Эффективность конструирования ТО повышается при использовании типовых параметризованных конструктивных решений. Поэтому особое значение приобретает развитие средств и методов параметрического описания объектов ТО, так как позволяет унифицировать технологические процессы изготовления ТО, технологическую оснастку и инструмент второго порядка, заготовки.

На рис. 3 представлен состав компонентов САПР ВП ИП и их информационные связи для случая, когда проектирование опирается на систему типовых и нормализованных решений и архив проектов. Организация связей баз данных различных видов через приведенные параметры обеспечивает принятие согласованных решений по всей цепочке технологической подготовки производства.

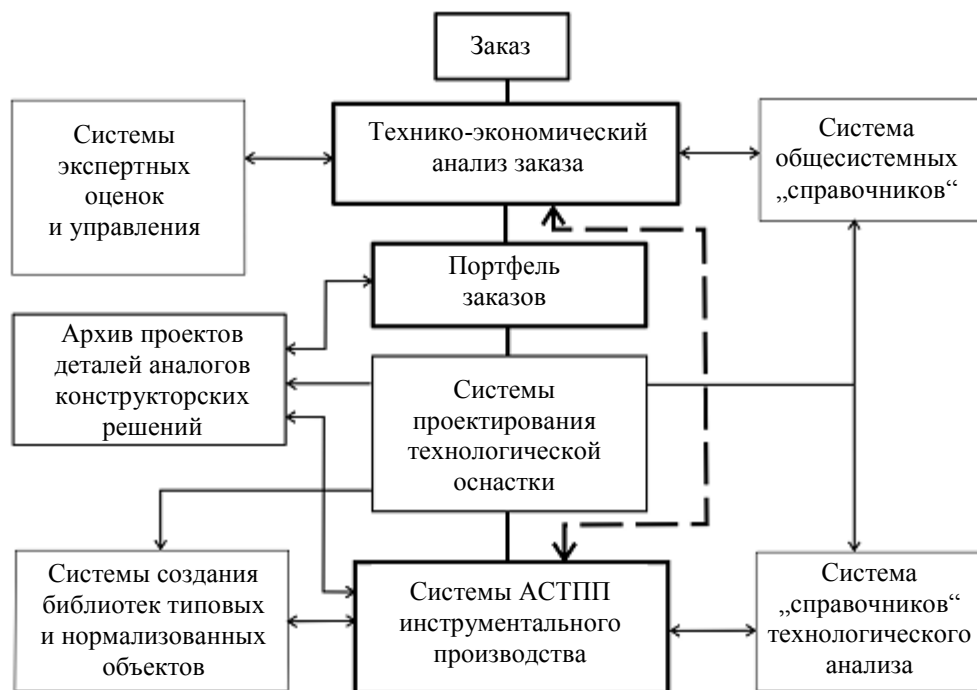


Рис. 3

Совокупность классификатора и правил выбора варианта конструктивного исполнения из набора альтернативных вариантов представляет собой параметрическую модель проектируемой ТО, которая закладывается в основу алгоритма проектирования ТО (рис. 4). В этом случае САПР ИП способна самостоятельно выполнить выбор и адаптацию типовых решений через установление значений параметров в зависимости от исходных данных заказа и оперативного плана загрузки производственных ресурсов.

Наиболее предпочтительная форма автоматизации проектных задач — экспертные системы, так как они позволяют повысить качество технологической подготовки производства.

Заключение. Система ВП ИП обеспечивает эффективное управление сроками и стоимостью инструментального обеспечения завода, позволяет вести мониторинг как внутренних, так и внешних затрат времени и финансов и оптимизировать их исходя из изменения структуры портфеля заказов и изменения свойств производственной среды.

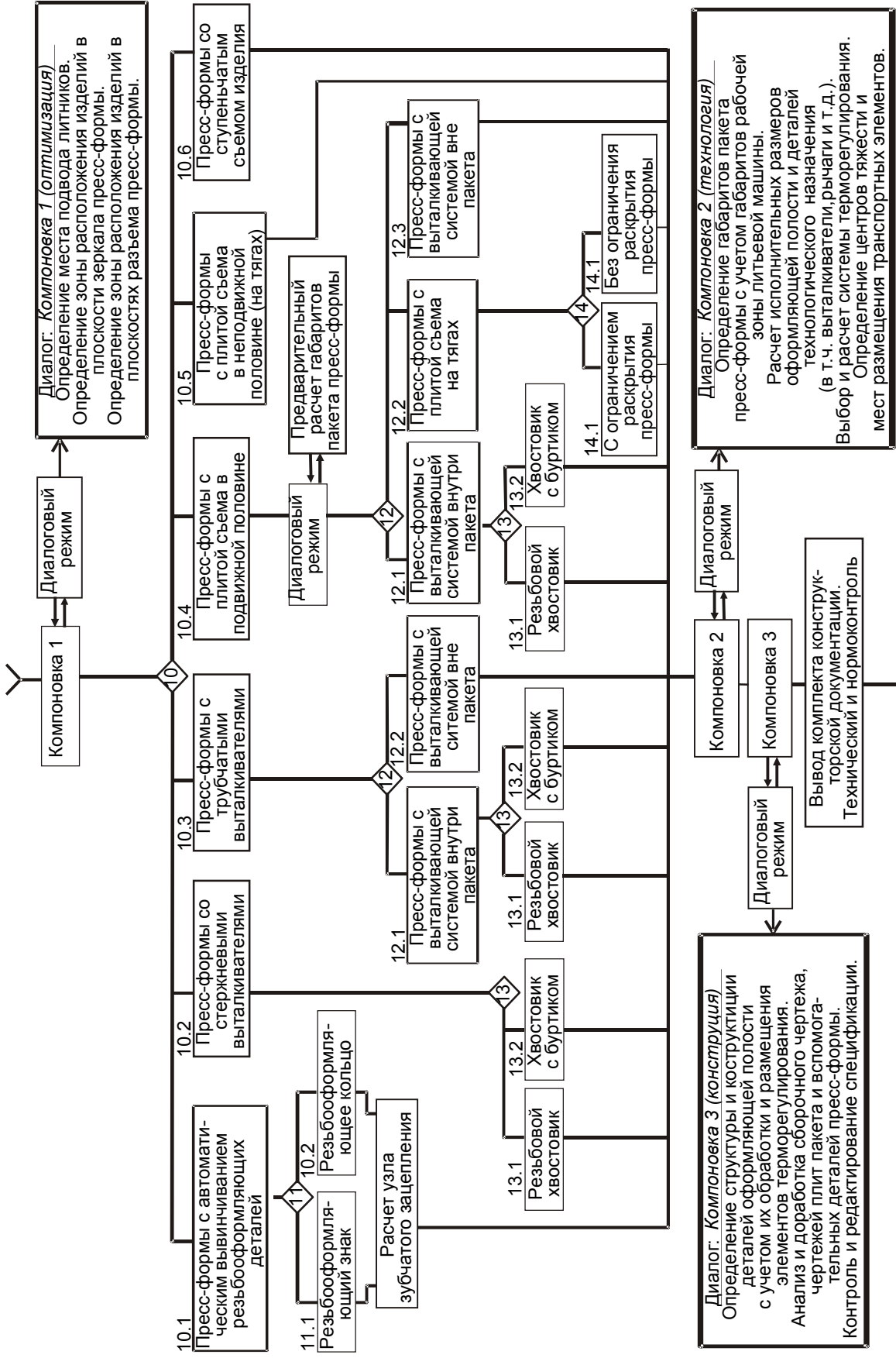


Рис. 4

В свою очередь, применение САПР ТО в ВП ИП оказывает на его информационную среду серьезное организационное воздействие и обеспечивает повышение эффективности его работы в целом. Можно утверждать, что САПР ТО является „носителем“ свойств ВП ИП и определяет его как самостоятельно функционирующую производственную структуру со своими производственными свойствами, параметрами и ресурсами.

Использование экспертной системы (ЭС) на ВП повышает скорость и качество выполнения заказа. Авторам не известны ЭС, которые были бы разработаны для решения задач ВП ИП. Для решения некоторых из перечисленных выше задач можно использовать готовые ЭС и экспертные оболочки, модернизированные с учетом специфики конкретного предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Haley P., Kowalski J., McDermott J., and McWhorter R.* PTRANS: A rule-based management assistant // Technical Report, Computer Sci. Dept. Pittsburgh: Carnegie-Mellon University, 1983. January.
2. *McDermott J.* Building expert systems // Artificial Intelligence Applications for Business, Norwood, N. J.: Ablex, 1984.
3. Технологическая подготовка гибких производственных систем / *С. П. Митрофанов, Д. Д. Куликов, О. Н. Миляев, Б. С. Падун.* Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
4. *Силаков А. В., Иващенко Н. С.* Выбор структуры товарного портфеля предприятия на основе анализа его сбалансированности // Маркетинг в России и за рубежом. 2004. № 6.

Сведения об авторах

Борис Степанович Падун

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения;
E-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru

Алексей Николаевич Андрианов

— Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; старший преподаватель; E-mail: alan105@bk.ru

Светлана Александровна Гнездилова

— аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: gnesvetlana@yandex.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 608.01 519.765

Д. Д. Куликов, Ф. В. Киселев

ИНТЕГРАЦИЯ МОДУЛЯ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ С СИСТЕМОЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрены вопросы интеграции модуля расчета режимов резания с подсистемами автоматизированных систем технологической подготовки производства, а также с PDM-системой SMARTTEAM.

Ключевые слова: расчет режимов резания, автоматизированные системы, технологическая подготовка производства, проектирование технологических процессов, PDM-системы.

Расчет режимов резания является важной задачей при проектировании технологического процесса. В рамках проектируемой на кафедре технологии приборостроения СПбГУ ИТМО системы проектирования технологических процессов „ТИС-Процесс“ разработан модуль „ТИС-Таб“ [1], в основе которого лежит табличный процессор. Модуль предназначен для формирования и сопровождения базы знаний, а также принятия решений с использованием таблиц соответствий (ТС). Последние представляют собой декларативное описание алгоритмов принятия решений по сложным таблицам с нормативно-справочной информацией (НСИ), содержащимся в технологических справочниках. Примером таблиц с НСИ являются таблицы для расчета режимов резания и нормирования [2—4], спецификой которых является необходимость уточнения основного решения с помощью поправочных коэффициентов. С помощью „ТИС-Таб“ была сформирована база знаний, для создания которой использовались таблицы с режимами резания из справочника [2]. Эксплуатация модуля подтвердила правильность предложенного подхода, удобство в формировании базы знаний и расчета режимов резания. Кроме того, информацию в базе знаний достаточно просто изменять в соответствии с изменением условий производства, таким образом, подстраиваясь под конкретную производственную среду.

Однако модуль может функционировать лишь в автономном режиме, что ограничивает возможности его применения. Поэтому поставлена задача: интегрировать „ТИС-Таб“ с САПР „ТИС-Процесс“, а также интегрировать с PDM-системой SMARTTEAM, под управлением которой функционирует „ТИС-Процесс“.

Решение поставленной задачи в первую очередь зависит от подходов, принятых при разработке модуля. Поэтому в первую очередь рассмотрим принципы построения модуля „ТИС-Таб“. Программное обеспечение модуля, в отличие от существующих САПР технологических процессов (ТП), реализовано в виде web-сервисов (web-служб). Модуль всегда может быть запущен для автономной работы с помощью web-браузера из любого территориально удаленного предприятия. Авторизованный пользователь в соответствии со своей ролью

может либо выполнять расчет режимов резания, либо осуществлять сопровождение удаленной базы знаний, закрепленной за данным предприятием. Использование web-службы позволяет применять подход „программное обеспечение в качестве услуги“ (Software as a Service — SaaS), при котором доступ к модулю, размещенному на сервере разработчика, предоставляется любому авторизованному пользователю. Использование web-служб позволяет не только примерно на 80 % сократить время и затраты на покупку, поддержку и сопровождение программного обеспечения, но и повысить экономическую эффективность за счет снижения затрат на подготовку и обучение сотрудников, что несомненно важно на сегодняшний день. Так как модуль находится на сервере разработчика, то его новые версии сразу становятся доступными всем пользователям. Указанный подход позволяет реализовать „виртуальное“ автоматизированное рабочее место и тем самым способствует организации виртуальной технологической подготовки производства.

Разработанный модуль ориентирован на трехуровневую модель системного структурирования, включающего в себя три уровня:

- графический интерфейс пользователя;
- бизнес-логика;
- система управления базой знаний.

Графический интерфейс пользователя реализован как пользовательское приложение и запускается на машине клиента. Это приложение состоит из трех компонентов. Первый предназначен для ввода условий поиска нужной ТС по каталогу базы знаний. Сформированный SQL-запрос передается на 2-й уровень. Второй компонент используется для сопровождения базы знаний (редактирование старой или формирование новой ТС), третий необходим для ввода исходных данных и принятия решений по найденной ТС.

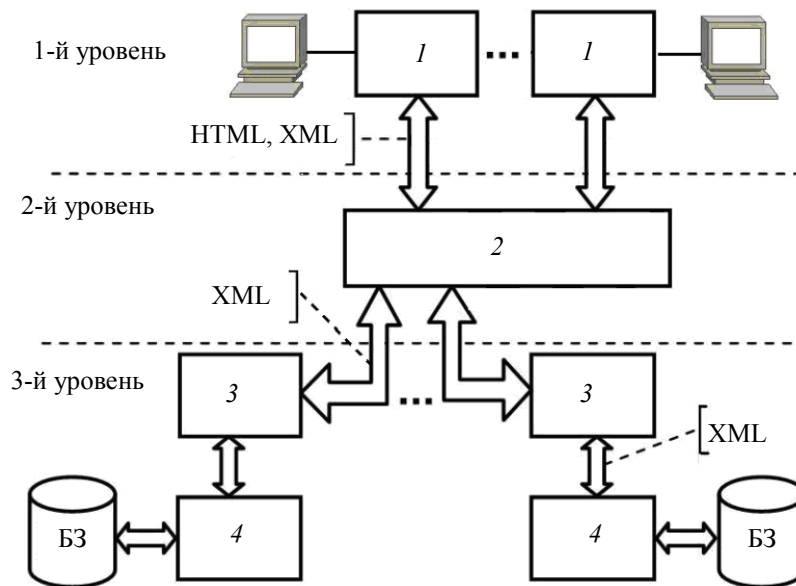
На уровне „бизнес-логика“ серверное приложение осуществляет взаимодействие между 1-м и 3-м уровнями, последний содержит базу знаний и приложения для работы с ней. Приложения этого уровня функционируют на сервере базы знаний.

Для обмена сообщений между уровнями используется транспортный протокол SOAP (Simple Object Access Protocol), предназначенный для организации взаимодействия удаленных систем при помощи асинхронного обмена XML-документами. Благодаря использованию XML сообщения SOAP могут передаваться посредством транспортного протокола HTTP, как правило, не закрываемого сетевыми экранами. Кроме того, протокол SOAP обеспечивает взаимодействие распределенных систем независимо от типа объектной модели, операционной системы или языка программирования. Для обслуживания разных подразделений и учета их специфики может быть создано несколько удаленных баз знаний со своими СУБД и web-сервисом „Работа с БЗ“. Поэтому на втором уровне в рамках SOAP создается спецификация UDDI, предназначенная для поиска web-сервисов в реестре UDDI. Механизм обмена сообщениями определяется в описании сервисов на WSDL, которое включает форматы сообщений, типы данных, транспортные протоколы и способы сериализации, используемые при обмене между уровнями. На рисунке представлена структура модуля расчета режимов резания: 1 — интерфейс; 2 — web-сервис „Работа с ТС и каталогом ТС“; 3 — web-сервис „Работа с БЗ“; 4 — СУБД; БЗ — база знаний, содержащая ТС.

Рассмотренная структура модуля аналогична структуре системы САПР ТП „ТИС-Процесс“. Это сделано для того чтобы, сохраняя возможность автономного функционирования, обеспечить удобные способы функциональной и информационной интеграции модуля с системой „ТИС-Процесс“.

Функциональная интеграция достигается путем указания на web-сервис „Работа с ТС“ в реестре UDDI на уровне „бизнес-логики“ в САПР ТП „ТИС-Процесс“. Функциональное расширение модуля может быть достигнуто путем расширения баз знаний за счет новых ТС. В частности, возможно добавление таблиц по нормированию технологических процессов.

В этом случае возможно автоматизированное проведение укрупненного или дифференцированного нормирования времени выполнения технологических операций. Проведенные эксперименты показали принципиальную возможность с помощью ТС организовать выбор сортамента и средств технологического оснащения.



Информационная интеграция основана на том, что на машине клиента ТС представляется в виде XML-документа, а в системе „ТИС-Процесс“ модель технологического процесса также выражена как XML-документ. Нами были созданы выходной и входной стыковочные модули. Выходной модуль извлекает из XML-документа результаты расчета режимов резания и заносит необходимую информацию в модель технологического процесса (в раздел проектируемого технологического перехода).

Вычисления во входном стыковочном модуле выполняются в два этапа. На первом этапе возможен либо режим прямого вызова из системы „ТИС-Процесс“ модуля расчета режимов резания, либо режим автоматизированного поиска ТС. Последний позволяет извлечь нужную информацию из XML-модели ТП (код перехода, группа материала детали, материал режущей части инструмента для проектируемого перехода). В результате на мониторе клиента выводится список ТС, отвечающих заданным условиям, и технолог выбирает нужную ему таблицу.

На втором этапе анализируются входные параметры ТС и производится поиск значений этих параметров в модели ТП. На экран выводится частично заполненная таблица входных параметров. Степень заполнения зависит от семантической совместимости параметров в моделях ТС и ТП. Часть параметров, нужных для ТС, вообще может отсутствовать в модели ТП, например параметры режущего инструмента. В этом случае значение поля вводится технологом. Основная сложность семантической совместимости возникает из-за неформального задания в ТС входных условий. Эти условия могут быть заданы, например, в виде списка значений. В форме для ввода исходных данных значения параметров вводятся с помощью выпадающего меню, в строках которого могут содержаться списки допустимых значений. Например, при вводе групп материалов возможны следующие, синтаксически по-разному оформленные, строки меню:

- стали конструкционные углеродистые и легированные;
- стали жаропрочные, коррозионно-стойкие и жаростойкие;
- медные и алюминиевые сплавы.

Входные условия часто задаются в виде интервалов значений параметров, при этом они могут зависеть от других параметров. Например, параметр „Твердость для сталей и чугунов“ может иметь значение „до 130 НВ“ или „до 150 НВ“ и т.д., а параметр „Предел прочности σ_B для алюминиевых и медных сплавов“ — значения „до 100 МПа“ или „до 200 МПа“ и т. д. При этом поля со значениями параметров заполняются в зависимости от материала заготовки. Семантический анализатор проводит проверку входных условий ТС для заданной ситуации.

Сложность семантической совместимости вызвана также тем, что одинаковые параметры могут в разных подсистемах АСТПП иметь разные обозначения и, наоборот, разные параметры иметь одинаковые имена. В web-программировании эта ситуация решается с помощью организации „пространства имен“, а в данном случае применяется словарь параметров, в котором за каждым параметром закреплены его атрибуты, позволяющие задать название параметра (фиксирующее некоторое понятие), его обозначение, а также характеристики параметра: тип, длину, размерность, значение по умолчанию, интервал допустимых значений, наличие классификатора и т.д. Анализатор параметров, входящий в состав входного стыковочного модуля, проводит сравнение атрибутов, найденных по обозначению параметров, с атрибутами соответствующих параметров ТС и при их несовпадении заносит результаты сравнения в специальный реестр. В дальнейшем администратор решает, что делать с семантически или синтаксически несовместимыми параметрами, и при необходимости корректирует ТС или словарь, используя модуль работы со словарем.

Интеграция с системой „ТИС-СТО“, предназначенной для поиска средств технологического оснащения и также разработанной на кафедре технологии приборостроения СПбГУ ИТМО, необходима для поиска параметров режущего инструмента, если они заданы в ТС как входные параметры. Способы интеграции аналогичны способам, рассмотренным для системы „ТИС-Процесс“, поскольку „ТИС-СТО“ разработана как web-сервис.

Современный подход к управлению автоматизированной ТПП связан с использованием систем ведения проекта (PDM-систем). Эти системы предназначены для поддержки электронного описания изделия на всех стадиях его жизненного цикла. Были проведены исследования PDM-системы SMARTTEAM фирмы Smart Solutions Ltd. (Израиль), являющейся одной из ведущих в мире фирм по разработке указанных систем.

Комплекс инструментальных средств этой PDM-системы позволяет организовать эффективное взаимодействие между следующими компонентами: электронным архивом, средствами автоматизированного документооборота, средствами интернет-технологии, системами CAD/CAE/CAM. Наличие электронного архива дает возможность создавать единое информационное пространство предприятия. Большое количество „просмотрщиков“ позволяет быстро просматривать практически любые файлы с данными в их исходном формате без запуска внешних приложений, например, Microsoft Word и Microsoft Excel.

При визуальном просмотре в PDM-системе в иерархической структуре изделия легко найти нужную вершину с заданным объектом „деталь“ и далее перейти к объекту „технологический процесс“. За каждой вершиной закреплена учетная карточка объекта, поэтому при переходе к ТП на экран выводится учетная карточка технологического процесса, в которой зафиксированы следующие данные: состояние объекта, дата начала технологического проектирования, плановый срок завершения проекта, фактическая дата его завершения и т.д. Так как система „ТИС-Процесс“ интегрирована с PDM-системой SMARTTEAM, то из учетной карточки для ТП можно перейти по ссылке либо к просмотру технологических карт, либо загрузить „ТИС-Процесс“. Аналогичным образом выполняется функциональная интеграция модуля „ТИС-Таб“ с PDM-системой. С помощью редактора экранных форм в учетной карточке создается ссылка на указанный модуль и, следовательно, из учетной карточки, а не из интернет-браузера, можно вызвать модуль для автономной работы с последующим возвратом

в ту же точку. Для исключения повторной авторизации используются логин и пароль текущего пользователя PDM-системы.

Для информационной интеграции входной стыковочный модуль с помощью встроенного макроязыка PDM-системы дорабатывается для выполнения поиска в дереве проекта тех параметров, которые не найдены в технологическом процессе. Проведенный анализ показал, что в основном могут быть найдены параметры лишь общего характера, например, размеры и масса детали.

Другим вариантом интеграции с PDM-системой является использование локальной версии „ТИС-Таб“. В этом случае каталог и база знаний с ТС хранятся в электронном архиве SMARTTEAM. Модуль „ТИС-Таб“ (в локальном исполнении) по ссылке в учетной карточке ТП загружается из локальной сети. Фирмой „Би-Питрон“ создана система проектирования технологических процессов, позволяющая результаты разработки ТП фиксировать в дереве проектов SMARTTEAM, поэтому информационная интеграция достигается на основе поиска входных параметров прямо в дереве проектов вместо поиска в параметрической модели ТП, создаваемой „ТИС-Процесс“. Поиск значений параметров режущего инструмента, которые являются входными для ТС, выполняется в дереве проектов (в заданном технологическом переходе). Результаты расчета режимов резания помещаются в дерево проектов (в создаваемый технологический переход).

В перспективе представляется интересной разработка приложений, позволяющих организовать поиск в файлах, созданных с помощью САД-систем и содержащих информацию о детали или операционных заготовках. Наиболее удобно использовать файлы нейтральных форматов типа STEP или IGES. Это позволит находить параметры обрабатываемых поверхностей, определяющих форму и те размеры режущего инструмента, которые необходимы для расчета режимов резания.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

— организация программного обеспечения в виде web-службы наиболее удобна для интеграции „ТИС-Таб“ с подсистемами АСТПП, также организованными в виде web-служб. В этом случае используется виртуальное автоматизированное рабочее место, позволяющее обратиться к любой подсистеме АСТПП;

— функциональную интеграцию „ТИС-Таб“ с другими подсистемами АСТПП целесообразно выполнять на основе спецификации UDDI, позволяющей организовать автоматизированный поиск web-сервисов в реестре UDDI, такой подход дает возможность организовать функциональное взаимодействие между удаленными приложениями;

— информационная интеграция „ТИС-Таб“ основана на возможности хранения результатов в виде XML-документов и использовании механизмов фильтрации в XML-документах, что позволяет достаточно просто организовать информационное взаимодействие соответствующих подсистем;

— интеграция „ТИС-Таб“ с PDM-системой SMARTTEAM основана на возможности вызова модуля расчета режимов резания из учетной карточки дерева проекта для выбранного перехода и автоматизированного поиска параметров в дереве проектов.

Работа проводилась в рамках инновационной образовательной программы „Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий“.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов Д. Д., Киселев Ф. В. Разработка системы расчета режимов резания на основе web-сервиса // Вестн. Костромского государственного университета. 2008. Т. 14. С. 54—56.

2. Гузев В. И., Батуев В. А., Сурков И. В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник. М.: Машиностроение, 2005. 368 с.
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания / А. Д. Локтев, И. Ф. Гуцин, В. А. Батуев и др. М.: Машиностроение, 1991.
4. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. М.: Машиностроение, 2001. 912 с.
5. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. М.: Машиностроение, 1987. 352 с.

Сведения об авторах

- Дмитрий Дмитриевич Куликов** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: ddkulikov@rambler.ru
- Филипп Владимирович Киселев** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: philipp-kiselev@rambler.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

УДК 681.3.06

М. Я. АФАНАСЬЕВ, А. Н. ФИЛИППОВ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматриваются основные направления применения методов нечеткой логики и нечеткого управления в экспертных модулях автоматизированных систем технологической подготовки производства. Приведены примеры конкретных объектов управления, а также описан общий алгоритм основных этапов процесса нечеткого управления.

Ключевые слова: нечеткая логика, технология приборостроения.

Введение. Практически любая задача технологии может иметь не одно решение, а несколько. Перед технологом всегда стоит проблема выбора наиболее рационального способа достижения поставленной цели, обычно опыт подсказывает ему, какое решение наиболее выгодно в данных производственных условиях.

Попытка использовать логику первого порядка для представления знаний в таких проблемных областях, как технология приборостроения, может заканчиваться неудачей по двум основным причинам, описанным ниже.

Во-первых, формирование полного множества антецедентов или консеквентов, необходимого для составления правила, не имеющего исключений, слишком трудозатратно, а само применение таких правил является слишком сложным.

Во-вторых, даже если известны все правила, может оставаться неопределенность относительно решения конкретной технологической задачи, поскольку производственная ситуация может существенно измениться, например, из-за непредвиденного выхода из строя необходимого оборудования.

Определения нечеткой логики и нечетких множеств. Нечеткая логика и теория нечетких множеств — раздел математики, обобщающий классическую логику и теорию мно-

жеств. Понятие нечеткой логики было введено азербайджанским профессором Лютфи Заде в 1965 г. В его работе понятие множества было расширено допущением, что функция принадлежности элемента к множеству может принимать любые значения в интервале $[0..1]$, а не только 0 или 1, такие множества были названы нечеткими. Также автором были предложены различные логические операции над нечеткими множествами и предложено понятие лингвистической переменной, в качестве значений которой выступают нечеткие множества.

Нечеткая логика основана на использовании таких оборотов естественного языка, как „далеко“, „близко“, „холодно“, „горячо“. Диапазон ее применения очень широк — от бытовых приборов до управления сложными промышленными процессами [1]. Здесь можно выделить три основных направления применения нечеткой логики:

- 1) создание управляющих программ для промышленных роботов;
- 2) управление технологическими процессами во времени;
- 3) управление работой виртуальных предприятий.

Рассмотрим такие понятия, как „лингвистическая переменная“, „нечеткие правила“, „нечеткий вывод“ и сам термин „нечеткое управление“.

Классическая логика имеет один существенный недостаток — с ее помощью невозможно описать ассоциативное мышление человека. Классическая логика оперирует только двумя понятиями: *истина* и *ложь*, исключая любые промежуточные значения. Такой подход хорош для вычислительных машин, но для описания процессов реального мира он не подходит. Решить эту проблему и призвана нечеткая логика.

Термином „лингвистическая переменная“ можно связать любую физическую величину, для которой нужно иметь больше значений, чем только *да* и *нет*. В этом случае определяется необходимое число термов и каждому из них ставится в соответствие некоторое значение описываемой физической величины. Для этого значения степень принадлежности физической величины к терму будет равна единице, а для всех остальных значений — будет зависеть от выбранной функции принадлежности.

Здесь следует сделать небольшое отступление и отметить, что для описания лингвистических переменных, термов и нечетких правил применяется специальный язык: Fuzzy Control Language (FCL), описанный в стандарте ИЕС 1131.

Получившие наибольшее развитие из всех разработок искусственного интеллекта экспертные системы завоевали устойчивое признание в качестве систем поддержки принятия решений.

Одним из основных методов представления знаний в экспертных системах являются продукционные правила, позволяющие приблизиться к стилю мышления человека. Любое правило состоит из посылок и заключения. Возможно наличие нескольких посылок в правиле, в этом случае они объединяются посредством логических связок *и—или*. Обычно продукционное правило записывается в виде:

ЕСЛИ (условие) (связка) (условие)... (условие),
ТО (действие_1, ..., действие_n) .

Главным недостатком продукционных систем остается то, что для их функционирования требуется наличие полной информации о системе.

Нечеткие системы тоже основаны на правилах продукционного типа, однако в качестве посылок и заключения в правиле используются лингвистические переменные, что позволяет избежать ограничений, присущих классическим продукционным правилам.

Целевая установка процесса управления связывается с выходной переменной нечеткой системы управления, но результат нечеткого логического вывода является нечетким, а физическое исполнительное устройство не способно воспринять такую команду. Необходимы специальные математические методы, позволяющие переходить от нечетких значений к

вполне определенным. Весь процесс нечеткого управления можно разбить на несколько шагов: фаззификация, разработка нечетких правил и дефаззификация [2].

Рассмотрим подробнее эти шаги на примере промышленного робота, осуществляющего установку и съем заготовки в шпиндель токарного станка. Роботу необходимо взять заготовку или блок заготовок из перегрузочного лотка, преодолеть какое-то расстояние и закрепить заготовку в шпинделе. Возможно управлять мощностью двигателя тележки робота, заставляя ее двигаться быстрее или медленнее. От скорости перемещения тележки, в свою очередь, зависят расстояние до цели и амплитуда колебания заготовки в захвате манипулятора. Вследствие того что стратегия управления роботом сильно зависит от положения тележки, применение стандартных контроллеров для этой задачи весьма затруднительно. Вместе с тем математическая модель движения заготовки, включающая несколько дифференциальных уравнений, может быть составлена довольно легко, но для ее решения при различных исходных данных потребуется довольно много времени. К тому же исполняемый код программы будет довольно объемным. Нечеткая система справляется с такой задачей очень быстро, несмотря на то что вместо сложных дифференциальных уравнений движения заготовки весь процесс движения описывается терминами естественного языка: „больше“, „средне“, „немного“ и т.п. — так, будто роботом управляет оператор.

Фаззификация (переход к нечеткости). Точные значения входных переменных преобразуются в значения лингвистических переменных посредством применения некоторых положений теории нечетких множеств, а именно при помощи определенных функций принадлежности.

Рассмотрим этот этап подробнее. Прежде всего, введем понятие „лингвистической переменной“ и „функции принадлежности“.

В нечеткой логике значения любой величины представляются не числами, а словами естественного языка и называются термами. Так, значением лингвистической переменной *дистанция* являются термы *далеко*, *близко* и т.д.

Конечно, для реализации лингвистической переменной необходимо определить точные физические значения ее термов. Пусть, например, переменная *дистанция* может принимать любое значение из диапазона от 0 до 60 метров. Какое выбрать значение? Согласно положениям теории нечетких множеств, каждому значению расстояния из диапазона в 60 метров может быть поставлено в соответствие некоторое число от нуля до единицы, которое определяет *степень принадлежности* данного физического значения расстояния (допустим, 10 метров) к тому или иному терму лингвистической переменной *дистанция*. В нашем случае расстоянию в 50 метров можно задать степень принадлежности к терму *далеко*, равную 0,85, а к терму *близко* — 0,15. Конкретное определение степени принадлежности возможно только при работе с экспертами (в нашем случае — технологами и проектировщиками). В настоящее время сложилось мнение, что для большинства приложений достаточно 3—7 термов на каждую переменную.

Функции принадлежности. Как уже говорилось, принадлежность каждого точного значения к одному из термов лингвистической переменной определяется посредством функции принадлежности. Ее вид может быть абсолютно произвольным. Сейчас сформировалось понятие о так называемых стандартных функциях принадлежности, к ним относятся такие функции, как Z-функция, S-функция, треугольная функция и трапециевидная функция.

Стандартные функции хорошо применимы для решения большинства типовых задач. Для решения более сложных задач может потребоваться создание специальных функций принадлежности, например, полигональных или единичных.

Разработка нечетких правил. Большинство нечетких систем используют продукционные правила для описания зависимостей между лингвистическими переменными. Типичное продукционное правило состоит из антецедента (часть *если* ...) и консеквента (часть *то* ...).

Антецедент может содержать более одной посылки. В этом случае они объединяются посредством логических связок **и** или **или**.

Процесс вычисления нечеткого правила называется нечетким логическим выводом и подразделяется на два этапа: обобщение и заключение [3]. Пусть имеется следующее правило:

ЕСЛИ ДИСТАНЦИЯ = средняя И УГОЛ = малый,
ТО МОЩНОСТЬ = средняя.

Обратимся к примеру с промышленным роботом и рассмотрим ситуацию, когда расстояние до перегрузочного лотка равно 20 метрам, а угол отклонения заготовки в захвате манипулятора равен четырем градусам. После фаззификации исходных данных получим, что степень принадлежности расстояния в 20 метров к терму **средняя** лингвистической переменной **дистанция** равна 0,9, а степень принадлежности угла в 4 градуса к терму **малый** лингвистической переменной **угол** равна 0,8.

На первом шаге логического вывода необходимо определить степень принадлежности всего антецедента правила. Для этого в нечеткой логике существуют два оператора: $\text{MIN}(\dots)$ и $\text{MAX}(\dots)$. Первый вычисляет минимальное значение степени принадлежности, второй — максимальное. Когда применять тот или иной оператор, зависит от того, какой связкой соединены посылки в правиле. Если использована связка **и**, применяется оператор $\text{MIN}(\dots)$. Если же посылки объединены связкой **или**, необходимо применить оператор $\text{MAX}(\dots)$. Для нашего примера применим оператор $\text{MIN}(\dots)$, так как использована связка **и**. Получим следующее:

$$\text{MIN}(0,9; 0,8) = 0,8.$$

Следовательно, степень принадлежности антецедента такого правила равна 0,8. Операция, описанная выше, отрабатывается для каждого правила в базе нечетких правил.

Следующим шагом является собственно вывод, или заключение. Подобным образом посредством операторов MIN/MAX вычисляется значение консеквента. Исходными данными служат вычисленные на предыдущем шаге значения степеней принадлежности антецедентов правил.

После выполнения всех шагов нечеткого вывода находим нечеткое значение управляющей переменной. Чтобы исполнительное устройство смогло отработать полученную команду, необходим этап управления, на котором можно избавиться от нечеткости, называемый дефаззификацией.

Дефаззификация (устранение нечеткости). На этом этапе осуществляется переход от нечетких значений к определенным физическим параметрам, которые могут служить командами исполнительному устройству.

Результат нечеткого вывода, конечно, будет нечетким. В примере с роботом команда для электромотора будет представлена термом **средняя** (мощность), но для исполнительного устройства это ровно ничего не значит, поэтому для устранения нечеткости могут быть применимы специальные математические методы (например, метод центра максимума), позволяющие на выходе получать точные значения, передаваемые непосредственно исполнительному устройству манипулятора.

Выводы. Теория символической нечеткой логики, а также нечетких множеств может быть применена для создания экспертных модулей автоматизированных систем технологической подготовки производства механической обработки заготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асаи К., Ватада Д., Иваи С. и др. Прикладные нечеткие системы. М.: Мир, 1993.
2. Пономарьов О. С. Нечеткие множества в задачах автоматизированного управления и принятия решений. Харків: НТУ „ХП“, 2005. 232 с.

3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственном интеллекте / Под ред. Д. А. Поспелова. М.: Наука, 1986.

Сведения об авторах

- Максим Яковлевич Афанасьев** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: ichiro.kodachi@gmail.com
- Александр Николаевич Филиппов** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: filippov_an@rambler.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

УДК 004.925.8

Д. Д. КУЛИКОВ, Н. А. ШУВАЛ-СЕРГЕЕВ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ ЗАГОТОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САД-СИСТЕМЫ

Представлена методика проектирования трехмерных моделей операционных заготовок в САД/САМ-системах. Приведены особенности проектирования заготовок в системах Catia v5 и Pro/Engineer Wildfire 2.0.

Ключевые слова: САД/САМ-системы, проектирование операционных заготовок, Pro/Engineer Wildfire 2.0, Catia v5.

Введение. На большинстве промышленных предприятий широкое применение получили САД/САМ-системы, основной областью применения которых является проектирование деталей и сборочных единиц.

В статье описаны принципы работы с самыми востребованными на сегодняшний день системами промышленного проектирования высокого уровня — Pro/Engineer Wildfire 2.0 и Catia v5 [1].

Методика двухпроходного проектирования операционных заготовок. Проектирование операционных заготовок и расчет операционных размеров имеют большое значение при разработке технологических процессов и их анализе, а также реализации сквозного цикла проектирование—производство с использованием современных компьютерных систем. На кафедре технологии приборостроения СПбГУ ИТМО была разработана методика обратного двухпроходного проектирования технологических процессов.

На рис. 1 представлены этапы проектирования:

- 1) проектирование маршрутной технологии;
- 2) получение 3D-моделей операционных заготовок;
- 3) система автоматизированного расчета операционных размеров;
- 4) окончательная простановка операционных размеров;
- 5) проектирование операционной технологии;
- 6) занесение результатов в базу данных.

На первом этапе при помощи системы проектирования технологических процессов первоначально осуществляется проектирование маршрута обработки. Далее выполняется проектирование с помощью САД-системы твердотельной модели операционной заготовки (ТМОЗ), предварительная простановка операционных размеров (ОР) и составляются предварительные операционные эскизы (стандартными средствами чертежного модуля САД-системы). Затем

проверяется правильность простановки операционных размеров и допусков в системе автоматизированного расчета операционных размеров, в случае положительного результата, если все конструкторские размеры обеспечиваются с заданной точностью, начинается второй этап проектирования. Здесь осуществляются окончательная простановка ОР и допусков, доработка операционных эскизов (при помощи САД-системы). В САПР ТП выполняется проектирование операционной технологии и создается комплект технологических карт. Затем результаты заносятся в базу данных.

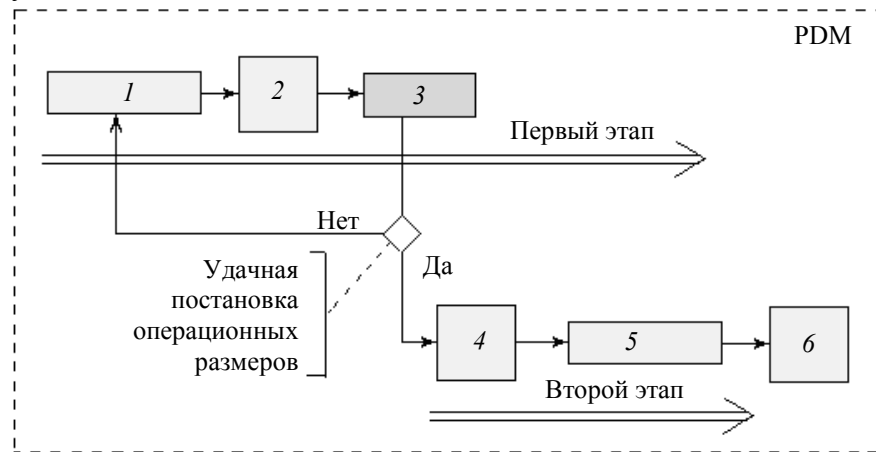


Рис. 1

Очевидно, что сначала необходимо выполнить с помощью САД-системы первую задачу проектирования операционных заготовок для всех операций, и лишь затем — расчет операционных размеров. Далее, окончательно спроектировав все операции, можно оформить с помощью САД-системы операционные эскизы, используя при этом результаты расчета операционных размеров.

Ввиду того что расчет операционных размеров и их точности выполняется вне стандартных приложений САД-системы с помощью специальных программ, а простановка баз и операционных размеров выполняется технологом при просмотре конфигураций ОЗ, необходимо обеспечить информационную связь САД-системы с системой расчета операционных размеров.

Проектирование операционных заготовок в системе Pro/Engineer Wildfire 2.0 заключается в помещении конструктивных элементов (КЭ) [2], фиксирующих удаляемый на данной операции материал, в соответствующие слои. Таким образом, варьируя видимость слоев, можно получать модели операционных заготовок для конкретных операций. Если элементы, принадлежащие данному операционному слою, сделаны невидимыми (слой подавлен), то имеется выходная заготовка для соответствующей операции, если видимыми — входная.

На рис. 2 приведена последовательность получения моделей входных операционных заготовок (МДТ — модель добавляемых тел, МД — модель детали, МЗ_{вх} и МЗ_{вых} — модель входной и выходной заготовки соответственно).

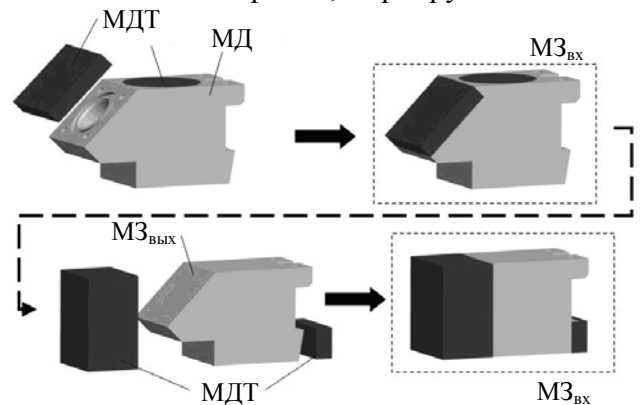


Рис. 2

Работа с операционными слоями заключается в послойном подавлении операционных элементов. Номер слоя соответствует номеру соответствующей операции, а КЭ удаляемого материала должны быть „родительскими“ только по отношению к следующим (по порядку

следования операций) элементам удаляемого материала, но не к конструктивным элементам объекта.

Простановка линейных границ при проектировании операционных заготовок осуществляется путем добавления справочных плоскостей в модель и занесения их в соответствующие слои. Линейные границы, проходящие через поверхности заготовки, впоследствии используются в качестве базовых плоскостей при проектировании МЗ в САМ-модуле.

Для создания операционных эскизов на основе трехмерной модели заготовки формируются двумерные модели, выполняется простановка размеров, баз, получаемых на данной операции и т.д. На рис. 3 представлен операционный эскиз, выполненный в модуле Pro/Drawing (чертежном модуле Pro/Engineer).

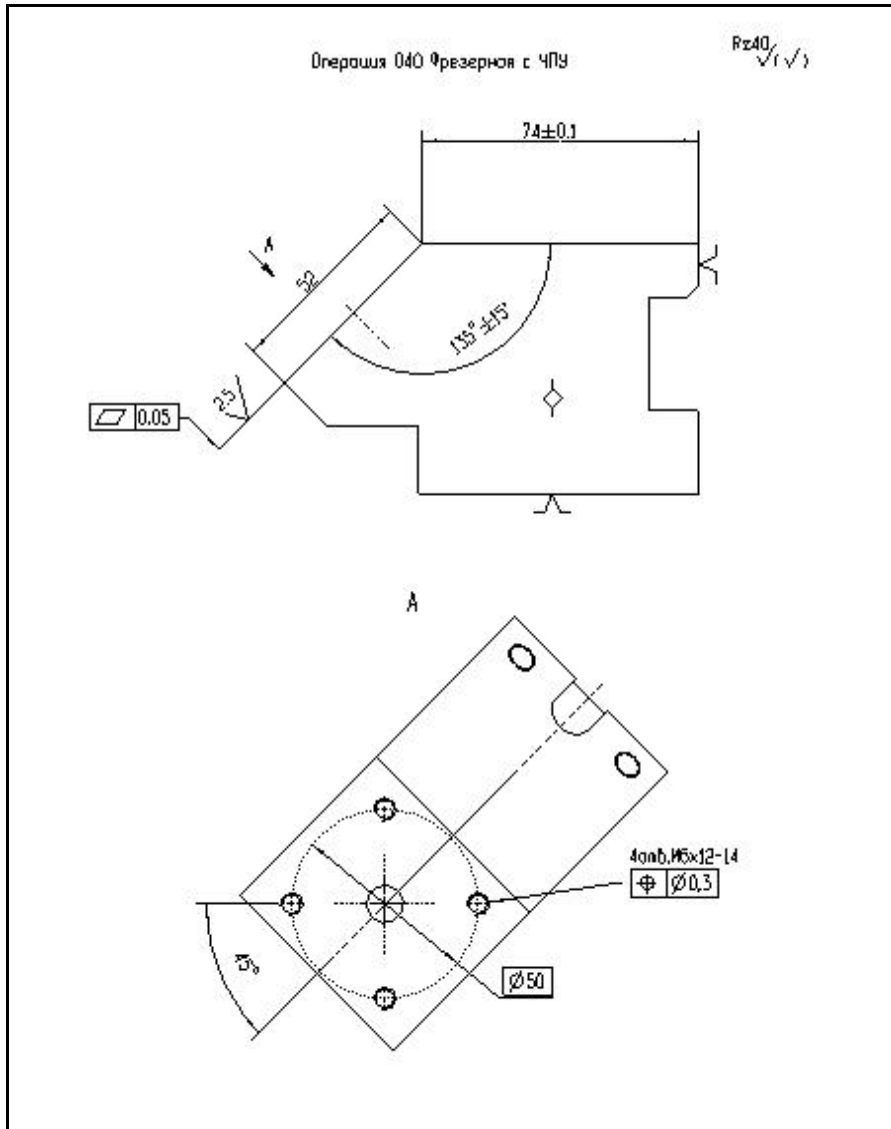


Рис. 3

Для проектирования операционных заготовок целесообразно воспользоваться модулем, который позволяет получать различные варианты исполнения детали. В системе Pro/Engineer этот модуль носит название „Таблица семейств“. Конструкторско-технологическая модель детали, спроектированная с использованием таблицы семейств, отвечает всем предложенным требованиям. Кроме того, таблицы семейств в Pro/Engineer имеют двустороннюю ассоциативность с табличным редактором Excel.

Проектирование операционных заготовок в системе Catia v5 обладает некоторыми существенными особенностями. Конечно, существует возможность проектирования заготовок способом, аналогичным Pro/Engineer, т.е. добавлением элементов, описывающих удаляемый материал, однако есть и другой способ, реализация которого возможна благодаря наличию в пакете проектирования деталей так называемых булевых операций сложения и вычитания примитивов [3].

Дерево (структура) модели в системе Catia может быть представлено в виде так называемых тел (body) — структурных единиц, которые содержат некоторое количество КЭ (примитивов). Для добавления и, что важно, удаления материала могут использоваться объекты в виде твердого тела, которое затем при помощи булевых операций (Add или Remove) добавляется или удаляется. Такому телу можно присвоить цвет, и в такой же цвет будут окрашены образуемые при выполнении булевых операций поверхности. Наименованием булевых операций служит порядковый номер операций механообработки. Чтобы получить модель операционной заготовки для конкретной операции, необходимо активизировать тело в составе булевой операции с помощью соответствующей команды. Для соответствующих тел добавляются справочные плоскости (технологические границы) и операционные размеры для конкретной операции. Также технолог может привязывать к обрабатываемым в операции поверхностям технические требования, параметры шероховатости и т.п.

На рис. 4 представлена операционная заготовка, спроектированная при помощи булевых операций. В дереве модели имена булевых операций соответствуют номерам операций механообработки, также в дерево модели помещена информация о технологических размерах. В соответствующие тела добавляются справочные плоскости (технологические границы) и операционные размеры для конкретной операции.

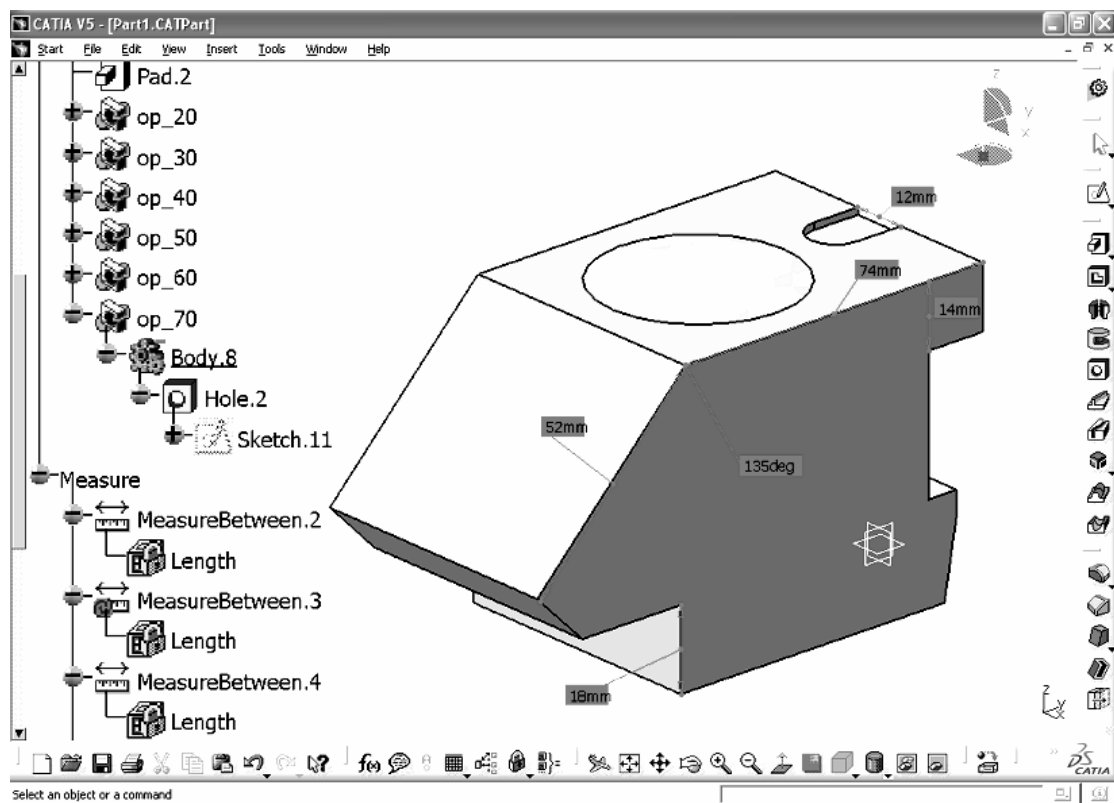


Рис. 4

Необходимо отметить, что использование булевых операций на стадии конструкторской разработки существенно облегчает процесс проектирования трехмерных моделей операционных заготовок, особенно это касается деталей сложной конфигурации с большим количеством конструктивных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов Д. Д., Блаер И. Ю. Расчет операционных размеров в системах автоматизированного проектирования технологических процессов // Изв. вузов. Приборостроение. 1997. Т. 40, № 4. С. 64—69.
2. Чемоданова Т. В. Pro/Engineer: деталь, сборка, чертеж. СПб: БХВ, 2003. 548 с.
3. Karam F., Kleismit C. D. Using CATIA. Delmar Publishers. 2004. 448 p.

Сведения об авторах**Дмитрий Дмитриевич Куликов**

— д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения;
E-mail: ddkulikov@gambler.ru

Никита Александрович Шувал-Сергеев

— аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: nikich555@mail.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ЗНАНИЙ

УДК 658.512.011.56

В. В. БОГДАНОВ

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ САПР ТП НА ОСНОВЕ БАЗ ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В последнее время значительные усилия прилагаются для решения проблемы формирования знаний на основе данных, хранящихся в базах данных. Знания о технологических процессах — это одна из наиболее значимых для промышленного предприятия областей знаний. Традиционный метод преобразования данных в знания основывается на ручном анализе и интерпретации данных. Анализируются источники знаний о технологических процессах и методы их обработки в условиях машиностроительного предприятия. На основе полученных в результате анализа данных предлагается методология формирования знаний при помощи информации из базы данных технологического назначения.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, база данных, база знаний, проектирование технологических процессов.

Введение. В современных условиях знания являются одним из самых важных ресурсов машиностроительного предприятия. Конкурентоспособность предприятия напрямую зависит от организации управления знаниями. В настоящее время широкое применение информационных технологий обеспечило перенос источника знаний с бумажных носителей в электронные базы данных технологического назначения промышленных предприятий [1]. Базы данных превратились в основное средство управления информацией и, следовательно, знаниями. Управление знаниями в условиях машиностроительного предприятия может быть разделено на три части: формирование, поиск и распространение знаний.

На рис. 1 представлен процесс перехода от управления данными к управлению знаниями, что является основной целью стратегии управления информацией в условиях современного предприятия.

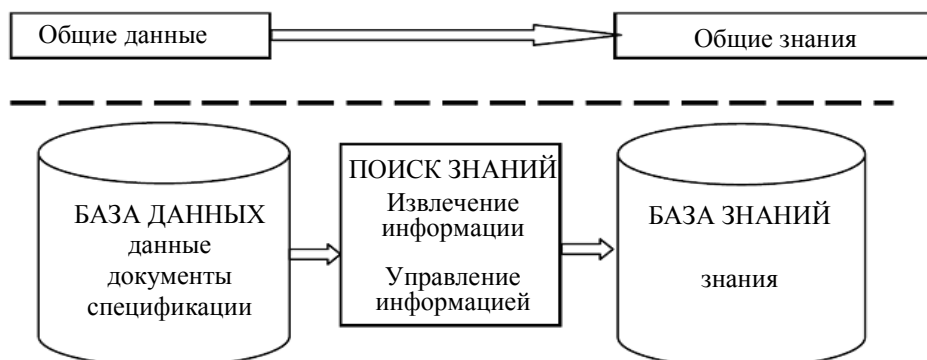


Рис. 1

Благодаря появлению достаточно объемных баз данных стало возможным применение методики обработки данных, получившей название „извлечение данных“ (Data Mining).

Процесс извлечения знаний фокусируется на применении алгоритмов поиска шаблонов данных, что позволяет достичь более высоких результатов по сравнению с традиционными методами обработки информации [2].

Знания о технологических процессах являются одной из наиболее значимых областей знаний для современного производства. Для обеспечения комплексности знаний в этой области необходимо вмешательство человека. Одновременно с этим внедрение САПР ТП влечет за собой достаточно быстрое накопление информации в базах данных. Обеспечение получения и обработки знаний без вмешательства человека является одной из наиболее существенных проблем в развитии систем автоматизации технологической подготовки производства.

Управление знаниями о технологических процессах в условиях современного промышленного предприятия. Как упоминалось ранее, область знаний о технологических процессах включает в себя большое количество разнородных знаний, в общем случае они могут быть разделены на четыре типа:

- справочные знания,
- знания о производственных ресурсах,
- знания о принятии решений,
- знания о моделях технологических процессов.

Традиционным методом преобразования данных в знания являются неавтоматизированный анализ и интерпретация. Ключевой фигурой при обработке данных и знаний о технологических процессах на сегодняшний день является эксперт. Например, на зарубежных машиностроительных предприятиях существует практика периодического анализа тенденций в машиностроении и регламентирующих производство документов, на основании которого эксперт формирует документ, в общих чертах описывающий результаты анализа [3]. Влияние такого документа на процесс принятия решений в достаточной степени ограничено, такая форма анализа требует существенных временных и финансовых затрат, является субъективной и в значительной степени зависит от эксперта. В конечном итоге, в связи со значительным ростом объема информации такой метод анализа не является оптимальным.

С внедрением САПР ТП на предприятии знания о технологических процессах накапливаются в базах данных и эти базы могут стать основным источником знаний. Процесс получения данных о технологическом процессе, основанный на модели технологического процесса, может быть эффективным средством автоматизации ТПП. Процесс формирования знаний о технологическом процессе на основе извлечения данных из базы данных САПР ТП является специфическим — это процесс применения специфических алгоритмов для извлечения наборов данных из БД. Все этапы этого процесса (например, подготовка, выборка и корректировка данных, а также интерпретация результатов) являются ключевыми для получения полезных знаний, извлеченных из БД.

Для полного описания знаний о технологическом процессе информационная модель процесса должна основываться на полном анализе информации, используемой в процессе разработки ТП. Информационная модель включает в себя все основные объекты процесса (изделие, детали, производственные ресурсы, маршрут и т.д.). Информационная модель является составной структурой и формируется из упорядоченной комбинации данных и знаний о деталях, производственных и человеческих ресурсах, организации бизнес-процессов и т.д. Информационная модель задает протокол получения знаний в базе данных САПР ТП при помощи стандартизации описания элементов процесса в БД.

Модельно-ориентированная архитектура БД САПР ТП. Реализация САПР ТП на основе управляемой моделями объектно-ориентированной платформы гарантирует создание расширяемой универсальной и адаптивной САПР ТП. Такая САПР ТП, использующая унифицированную модель данных, может динамически менять структуру представления данных

в БД и источники данных. Используемая в такой САПР ТП общая информационная модель применяет объектно-ориентированный подход в качестве метода моделирования. Этот подход является фундаментальным средством для представления области знаний и описания элементов информационной модели в стиле человеческого мышления. Объектно-ориентированный метод — интуитивно понятный и легкий для понимания метод моделирования.

Планирование и управление процессами использует большое количество информации и знаний. В традиционных САПР ТП база знаний в основном содержит информацию о принятии решений. В предлагаемой САПР ТП, управляемой информационными моделями, база данных также содержит системную информационную модель приложения САПР ТП (рис. 2). Эта модель используется в разработке технологического процесса, разработке, применении и использовании САПР ТП. База знаний может быть разделена на два уровня:

- 1) специальная информационная модель для предприятия, включающая информационную модель изделия, информационные модели деталей и т.д.;
- 2) набор типовых объектов и методов, используемый в объектно-ориентированной платформе САПР ТП.

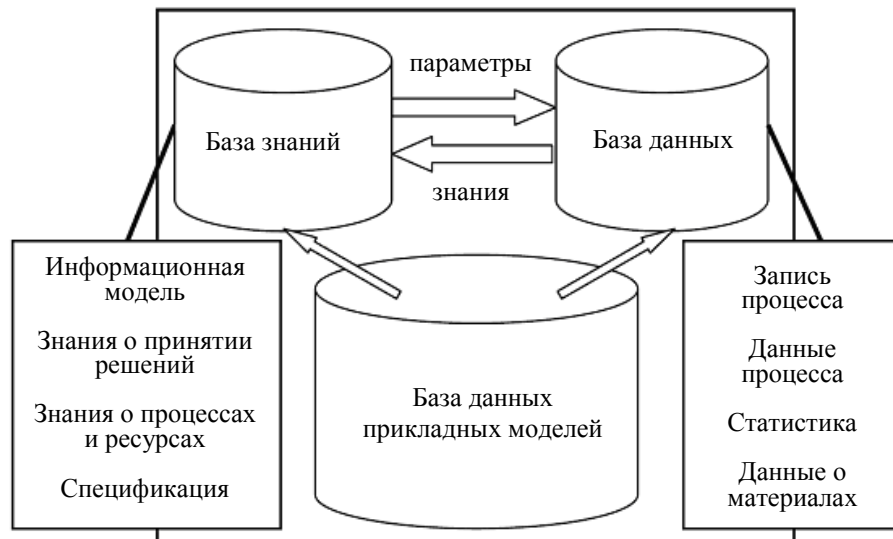


Рис. 2

В БД модельно-ориентированной САПР ТП знания и данные хранятся в виде экземпляров объектов. Использование объектно-ориентированного метода моделирования является базисом механизма моделирования в такой САПР ТП. Информационная модель приложения САПР ТП может быть представлена в различных представлениях. Разные представления могут отображать различные сведения, например, сведения об организации рабочего процесса, о персонале, о технической документации и т.д. Класс объектов является основой описания информации и знаний. Экземпляр объекта представляет собой реальные данные. Методы и правила объектов описывают знания о процессе принятия решений и конфигурацию системы.

Извлечение знаний. Процесс использования САПР ТП можно разделить на три части: внедрение САПР ТП, накопление данных и извлечение знаний. Процесс получения знаний, основанный на комбинированном применении информационных моделей и специализированных методик использования программного обеспечения, позволяет реализовать компьютеризированный анализ данных и выделения знаний. Прикладные инструменты процесса получения знаний предоставляют алгоритм и правила поиска. Современное поколение реляционных баз данных создано в основном для поддержки бизнес-приложений. Успех языка SQL, применяемого во всех современных СУБД, основан на использовании небольшого числа простых элементов, достаточного для описания подавляющего большинства бизнес-приложений. К сожалению, набора этих элементов недостаточно для описания появляющегося

класса систем, работающих со знаниями [4]. Процесс извлечения знаний из баз данных должен наследовать основные принципы, на которых основаны современные СУБД. Также процесс извлечения данных должен быть более конкретным, чем процесс создания SQL-запросов. Это связано с тем, что объекты базы знаний являются более комплексными по сравнению с записями в БД.

Таким образом, возникает необходимость создания языка, схожего с SQL и предназначенного для описания объектов знаний. Такой язык должен быть семантически схож с языком SQL и обладать возможностью транслировать элементы языка в элементы SQL для поиска знаний в реляционных БД.

Заключение. Формирование базы знаний и управление знаниями — важное направление развития автоматизации современного машиностроительного предприятия. Наряду с этим формирование базы знаний — сложный и комплексный процесс, требующий значительных затрат. Процесс формирования базы знаний не может быть успешно завершён только при помощи программных средств, однако применение новых методик построения программного обеспечения позволит стандартизировать наборы данных и позволит использовать средства автоматизации для формирования баз знаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Rodgers P., Caldwell N., Clarkson P. J.* Managing knowledge in dispersed design companies. Facilitating context-driven design support through multiple perspectives // *Artificial Intelligence in Design*. 2000. P. 147—167.
2. *Ciurana J., Romeu M.L.G., Castro R.* Optimizing process planning using groups of precedence between operations based on machined volumes // *Engineering Computations*. 2003. Vol. 20, N 2. P. 67—81.
3. *Stephan H., Karl F.* Knowing plant—Decision supporting and planning for engineering design // *Intelligent Systems in Design and Manufacturing III*. Proc. SPIE. 2000. P. 376—384.
4. *Imielinski T., Virmani A., Abdulghani A.* Discovery board application programming interface and query language for database mining // Proc. KDD96. 1996. August. P. 20—26.

Сведения об авторе

Всеволод Викторович Богданов

— аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: vsevolod.bogdanov@gmail.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

Е. И. Яблочников, В. И. Молочник, А. А. Саломатина

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ЗНАНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Приведена методика представления объектно-ориентированной модели предметной области в формализме онтологии. Рассматриваются категории знаний, используемых при построении онтологической модели технологической подготовки производства. Предлагаются варианты представления указанных категорий знаний.

Ключевые слова: базы знаний, онтология, технологическая подготовка производства.

Возможность представления и использования знаний в автоматизированных системах технологической подготовки производства (АСТПП) обеспечивает как повышение уровня автоматизации при решении задач ТПП, так и повышение эффективности ТПП в целом за счет решения проблемы отсутствия на предприятиях достаточного числа высококвалифицированных конструкторов и технологов. С появлением современных инструментальных программных средства, а также благодаря развитию методов построения баз знаний вопросы способов представления и использования знаний в АСТПП приобрели еще большую значимость. Однако при построении АСТПП как сложной информационной системы эти вопросы зачастую носят вторичный характер и не рассматриваются в качестве факторов, определяющих методологию построения и архитектуру АСТПП.

В работах [1, 2] показано, что одной из центральных задач при создании АСТПП является организация единого информационного пространства (ЕИП), обеспечивающего совместную согласованную работу конструкторов, технологов и других специалистов, участвующих в процессах подготовки производства. ЕИП создается средствами PDM-системы и опирается на объектно-ориентированную модель предметной области. Эта модель отражает корпоративные знания об изделии (продукте), а также процессах и ресурсах, необходимых для его изготовления. При этом под изделием может пониматься объект как основного, так и вспомогательного производства (средства технологического оснащения).

С точки зрения теории представления знаний указанная модель может быть описана в формализме онтологии O (под онтологией понимается спецификация концептуальной модели предметной области [3]), заданной следующим образом:

$$O = \langle C, A, D, R \rangle,$$

где C — множество классов объектов предметной области; A — множество атрибутов указанных классов; D — множество доменов (областей допустимых значений) атрибутов; R — множество ограничений, описывающих принадлежность атрибутов классам, принадлежность доменов атрибутам, совместимость классов, связи между классами и отношения между классами и атрибутами.

Инструментами для построения онтологической модели (ОМ) предметной области служат диаграммы классов языка UML и специальные средства PDM-систем, такие как Data Model Designer в PDM-системе ENOVIA-SmarTeam [2].

Поскольку ОМ ТПП отражают корпоративные знания, они будут различными для разных предприятий. Более того, в рамках одного предприятия могут быть разработаны различные ОМ, что приводит к необходимости выработки критериев их оценки с целью оптимизации

принимаемых решений. В качестве таких критериев, в частности, можно отметить скорость обработки запросов к базе данных ТПП, реализованной средствами PDM-системы, и удобство работы с ОМ при внесении корректировок.

Помимо знаний, используемых при построении ОМ ТПП, в АСТПП применяются знания для:

- 1) решения различных проектных процедур ТПП,
- 2) унификации проектных решений ТПП,
- 3) управления бизнес-процессами ТПП.

Представление и применение знаний в указанных группах определяется спецификой решаемых задач и используемыми при этом инструментальными средствами.

Для представления знаний первой группы обычно используются продукционные модели в виде наборов правил: „ЕСЛИ *<условие>*, ТО *<заключение>*“ [3]. Наиболее развитые CAD/CAM-системы, используемые при решении проектных процедур ТПП (например, Catia v5), обеспечивают возможность организации баз таких правил с использованием значений параметров геометрической модели изделия в качестве условий [2]. Это позволяет использовать корпоративные знания при решении таких задач, как проектирование инструмента и оснастки, а также определение стратегии обработки детали на станке с ЧПУ.

Унификация проектных решений ТПП базируется на решении задач классификации и группирования деталей и технологических процессов [4]. Однако широкие возможности современного высокотехнологичного оборудования с ЧПУ предполагают использование новых критериев группирования, отличных от критериев, разработанных для универсального оборудования. При создании таких критериев представляется перспективным использование нечетких знаний, имеющих вид правил нечетких продукций: „ЕСЛИ *<нечеткое условие>*, ТО *<нечеткое заключение>*“ [5]. Здесь нечеткое условие и нечеткое заключение представляют собой так называемые нечеткие высказывания, степень истинности которых определяется значением из интервала действительных чисел [0, 1]. Это дает возможность формального описания ситуаций с неопределенностью, что в случае с задачей группирования означает возможность описания групп с нечеткими границами.

В качестве примера можно привести задачу составления группы деталей для обработки на электроэрозионном прошивном станке с ЧПУ. Здесь знания могут быть представлены в виде правил нечетких продукций; в частности, одно из правил может иметь следующий вид:

ЕСЛИ *<глубина паза большая И ширина паза малая>*, ТО *<потребность в электроэрозионной обработке высокая>*.

В качестве примера инструментальных средств, предназначенных для организации и использования баз нечетких знаний, можно привести систему MATLAB Fuzzy Logic Toolbox [5].

Управление бизнес-процессами ТПП должно осуществляться с учетом широкого использования современных форм кооперации предприятий в виде производственных сетей (расширенных и виртуальных предприятий). При этом распределение заказов на выполнение работ ТПП базируется на выявлении возможностей потенциальных участников производственной сети и оптимальном подборе исполнителей с учетом минимизации стоимости и сроков выполнения работ. Подбор исполнителей осуществляется в открытой информационной среде с использованием многоагентных технологий [2]. Наиболее продуктивным является применение так называемых интеллектуальных агентов, работа которых опирается на использование баз знаний [3]. В задаче распределения заказов знания описывают возможности исполнителей по отношению к тем или иным видам работ. Анализ показывает, что при этом, как и в случае унификации проектных решений, наиболее приемлемой формой представления знаний являются правила нечетких продукций.

На рисунке представлен вариант архитектуры АСТПП.

В связи с тем что построение баз знаний АСТПП является трудоемкой задачей, представляется перспективным использовать подходы, связанные с автоматизированным приобретением знаний. В качестве примера можно привести метод выявления предпочтений участников производственной сети на основе кластеризации запросов к базе данных выполняемых работ [6].



Проведенная систематизация создает основу для выработки общего методологического подхода к построению АСТПП как сложной информационной системы, функционирующей на основе представления и использования баз знаний, отражающих как концептуальную модель предметной области, так и корпоративные решения в области всего спектра прикладных задач ТПП.

Рассмотрим методику организации нечетких баз знаний. Как показано в [5], правила нечетких продукций обрабатываются системой нечеткого вывода. Процедура нечеткого вывода позволяет на основании некоторого набора значений входных переменных путем применения логического вывода получить соответствующий набор значений выходных переменных. Эта процедура включает в себя ряд последовательных этапов, к которым относятся: формирование базы правил, фаззификация, агрегирование, активизация, аккумуляция и дефаззификация.

Поскольку системы нечеткого вывода, такие как MATLAB Fuzzy Logic Toolbox, берут на себя решение задач нечеткого вывода, начиная с этапа фаззификации и заканчивая этапом дефаззификации [5], то пользователю остается решить следующие задачи:

- определить набор используемых лингвистических переменных и дать полное описание в соответствии с их понятием;
- сформировать базу правил нечетких продукций, определяющую взаимозависимости между данными лингвистическими переменными;
- ввести сформированную базу правил, описания лингвистических переменных и численные значения входных переменных в систему нечеткого вывода;
- выполнить процедуру нечеткого вывода;
- принять решение на основании численных значений выходных переменных.

Используя данную методику, следует учитывать, что составление полноценной базы правил нечетких продукций не только требует детального знания конкретной предметной области, но и может оказаться достаточно трудоемкой процедурой. В настоящее время проводятся практические исследования применимости представленной методики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яблочников Е. И. Методологические основы построения АСПП. СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. 84 с.
2. Зильбербург Л. И., Молочник В. И., Яблочников Е. И. Информационные технологии в проектировании и производстве. СПб: Политехника, 2008. 304 с.
3. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. 384 с.
4. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
5. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
6. Smirnov A., Pashkin M., Chilov N., Levashova T., Krizhanovsky A., Kashevnik A. Ontology-based users and requests clustering in customer service management system // Autonomous intelligent systems: agents and data mining. Int. workshop. Springer Verlag, 2005. P. 231—246.

Сведения об авторах

- Евгений Иванович Яблочников** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: eij@mail.ifmo.ru
- Виктор Иосифович Молочник** — канд. техн. наук; СП ЗАО „Би Питрон“, Санкт-Петербург; заместитель директора по научной работе; E-mail: vimol@bee-pitron.spb.su
- Анна Алексеевна Саломатина** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: Salomatina.Anna@gmail.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

УДК 608.01

Д. Д. КУЛИКОВ, С. А. ЧЕРТКОВ

СИСТЕМА ПОИСКА СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ КАК WEB-СЛУЖБА

Представлен способ реализации системы поиска технологического назначения как web-службы. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны этого подхода. Приведены преимущества такого подхода перед подходом с использованием непосредственного доступа к серверу баз данных.

Ключевые слова: автоматизированные системы, технологическая подготовка производства, проектирование технологических процессов, web-служба, клиент-серверная архитектура.

Производство в настоящее время представляет собой очень сложный процесс и практически ни одно предприятие не в состоянии охватить его целиком, сохранив при этом рентабельность. Подобному положению дел есть множество причин, но основными являются широкий спектр используемых компонентов, а также малые сроки, выделенные на технологическую подготовку производства, иными словами, производство новых изделий требует широкой

номенклатуры новых деталей, а у предприятия просто нет времени на широкомасштабное техническое переоснащение и подготовку линий.

В поисках решения перечисленных проблем предприятиям зачастую оказывается значительно проще, быстрее и дешевле заказать большую часть компонентов у стороннего производителя. Данное явление называется „аутсорсинг“ и в настоящее время встречается практически повсеместно.

Однако любое решение имеет не только положительные, но и отрицательные стороны. В случае аутсорсинга следствием снижения затрат на выпуск широкой номенклатуры компонентов и деталей для готовых изделий является усложнение проектирования и технологической подготовки производства. Иначе говоря, аутсорсинг позволяет решать проблему производства широкой номенклатуры деталей путем территориального разнесения производства, но тем самым порождает проблему интеграции этих разнесенных систем в единый производственный процесс.

Для решения этой проблемы часто используется виртуальное предприятие, т.е. совокупность организаций, функционирующих в области производства сложных технических устройств, имеющих единое информационное пространство, в частности — единую базу данных технологической информации с возможностью удаленного доступа.

Характеристика информации в цикле ТПП. Технологическая подготовка производства (ТПП) — этап, на котором виртуальное предприятие остро нуждается в едином информационном пространстве. Именно на этом этапе требуется полная информация о ресурсах, необходимых для производства изделий.

Принцип организации единого информационного пространства следующий: технологии не должны возникать и храниться отдельно от конструкторской информации. При его соблюдении, т.е. хранении информации в единой базе данных, сведения о составе изделия и ресурсах представляют собой ту платформу, которая позволяет оперативно выполнять любые сводные расчеты и решать вопросы производственного планирования и управления. Основной информацией, накапливаемой и используемой на этапе ТПП, являются данные о доступных ресурсах, выпускаемых деталях и разработанных технологических процессах [1].

Информация о ресурсах — это списки имеющегося оборудования и оснастки. Она представляет собой множество каталогов, каждый из которых содержит относительно небольшое количество записей. Эта информация, как правило, хорошо формализована и ее хранение и поиск не вызывают проблем [2]. Информация о деталях — списки выпускаемых деталей с их параметрами. Каждый элемент, как правило, связан с соответствующими технологическими процессами и ресурсами. Такие данные значительно сложнее поддаются формализации, поскольку обладают большим количеством совершенно различных параметров.

Групповые и типовые технологические процессы — самая трудноформализуемая часть, которая содержит информацию, необходимую для производства выбранной детали или для разработки процесса ее получения на основе типового. В этом случае имеет место хранение процессов в базе знаний.

Наличие формализованной информации позволяет существенно увеличить производительность труда технологов и сократить время технологической подготовки.

Организация удаленного хранилища. Поскольку большинство предприятий, как уже говорилось, активно используют аутсорсинг и внедряют концепцию „виртуального предприятия“, то указанная технологическая информация должна быть доступна всем участникам кооперации. Оптимальным выходом при этом является организация хранилища технологической информации с удаленным доступом через сеть Интернет.

Может показаться, что никаких сложностей в решении данной задачи нет: все современные СУБД являются клиент-серверными, следовательно, изначально предоставляют возможность удаленного доступа. Однако на практике такой подход совершенно неприменим.

Очевидной проблемой является то, что не обязательно все информационные архивы предприятия хранятся в одной базе данных или даже в базах данных под управлением одинаковых СУБД, т.е. сразу возникает проблема объединения данных и выбора единственного физического хранилища — это очень большой труд, к тому же перечеркивающий все предыдущие наработки предприятия, поскольку приложения, ориентированные на работу со старыми хранилищами (например — СУБД других производителей), скорее всего, не смогут функционировать с новыми.

Вторая проблема — предоставление низкоуровневого доступа непосредственно к серверу баз данных через Интернет — неоправданно большой риск. И дело здесь не в опасности, исходящей от хакеров — взлому потенциально подвержена любая система, а в возрастающей сложности клиентского программного обеспечения. Контроль за корректностью и целостностью данных, добавляемых в базу, целиком возлагается на клиентское ПО, после чего оно дублируется, рассылается по всем клиентам, и в дальнейшем устранение ошибок, добавление новых возможностей и вообще внесение каких-либо изменений становится чрезвычайно дорогостоящим.

Третья проблема связана с безопасностью — для подобных систем необходимы жесткий контроль вводимых данных, четкое распределение полномочий пользователей, в некоторых случаях организация шифрованных каналов связи для исключения возможности перехвата передаваемых данных и прочие меры по повышению защищенности данных.

Четвертая проблема связана с масштабируемостью — при превышении определенного уровня нагрузки один сервер, даже очень мощный, не сможет обеспечивать удовлетворительное время отклика для всех клиентов. Именно поэтому в настоящее время во всех проектах, связанных с предоставлением данных большой аудитории, используются распределенные хранилища.

Конечно, есть множество других проблем, их спектр меняется в зависимости от объема и характера информации, количества пользователей и т.п., но эти представляются наиболее очевидными и общими, а значит, с ними столкнется любая организация, пытающаяся организовать единое информационное пространство.

Подводя итог вышесказанному, можно заключить, что прямой доступ к СУБД хотя и возможен, однако является крупным источником проблем и ни в коем случае не может быть рекомендован. Для более эффективной и безопасной работы необходима прослойка между клиентом, получающим доступ через коммуникационную среду, и СУБД, выполняющей непосредственно функции хранения данных. Эта прослойка будет скрывать от пользователя низкоуровневый интерфейс СУБД и вообще структуру хранилища, предоставляя пользователю простой высокоуровневый интерфейс. Пользовательское приложение в таком случае будет выполнять только функцию получения данных с сервера и конечную обработку — например, визуализацию или предоставление полученных данных в какой-либо программный пакет в качестве исходных данных.

Если присмотреться к полученной структуре приложения, без труда можно увидеть проверенную и хорошо зарекомендовавшую себя „трехуровневую архитектуру“, достоинствами которой являются масштабируемость, конфигурируемость, безопасность, высокая надежность, низкие требования к скорости канала (сети) между терминалами и сервером приложений, низкие требования к производительности и техническим характеристикам терминалов. Конечно, у любого решения есть и недостатки. В случае трехуровневой архитектуры „платой“ за полученные преимущества будет более высокая сложность создания приложения — необходимость реализации прослойки с бизнес-логикой, а также существенные требования к производительности серверных систем. Однако даже для небольшого предприятия расходы на достаточно производительный сервер составят очень небольшую сумму в сравне-

нии с другими затратами и будут быстро компенсированы снижением затрат на технологическую подготовку производства.

Компоненты трехуровневой архитектуры связываются между собой с помощью стандартных интерфейсов. Как правило, связь бизнес-логики с сервисом базы данных сводится к передаче СУБД текстовых строк с SQL-запросами и получению ответных данных.

В случае связи между сервером приложений и терминалом — конечным клиентским приложением — возможно множество вариантов. Существует множество средств для реализации систем с удаленным доступом, однако в случае работы через Интернет наиболее предпочтительным является создание web-сервиса.

Построение web-сервисов ориентируется на использование сервис-ориентированной архитектуры (SOA) и универсального языка разметки — XML. Такой подход позволит не только создавать клиентские приложения для абсолютно разных платформ, поскольку обмен идет в платформонезависимом текстовом формате, но и позволит с легкостью включать сервис в состав каких-либо распределенных приложений.

Web-сервисы представляют собой приложения с созданным по стандарту WSDL (на основе XML) программным интерфейсом. Они используют готовый протокол взаимодействия высокого уровня, реализованный практически для всех платформ, — HTTP, а это означает, что оператор может использовать любую операционную систему без каких-либо дополнительных затрат на адаптацию. Кроме того, применение протокола HTTP позволяет воспользоваться всеми средствами, уже имеющимися для этого протокола, такими как, например, кеширование и балансировка нагрузки.

Высокоуровневый интерфейс сервиса выглядит как набор методов — функций, принимающих параметры и возвращающих значение. Использование такого интерфейса позволяет скрыть от пользователя детали реализации, т.е. сегодня можно хранить данные в MS SQL Server, а завтра — перейти на предоставление интерфейса целой группе различных СУБД, находящихся на разных серверах, при этом внешний пользователь не заметит изменений и ему не потребуется вносить какие-либо изменения в клиентское ПО.

Реализация удаленного хранилища. Выбрав общую архитектуру и оптимальную технологию, приступим к проектированию собственно системы, состоящей из модуля хранения информации — СУБД, модуля доступа к информации — web-сервиса и модуля представления информации — клиентского ПО.

Проектирования СУБД не требуется, поскольку обычно используется система сторонних разработчиков, однако необходимо определить структуру базы данных. Технологическая информация является жестко формализованной, и ее хранение не представляет трудностей. Для каждого типа хранимой информации выделяется набор признаков, которые становятся столбцами таблицы. Таблица полученной структуры создается в базе данных и заполняется информацией. Сведения о вновь добавленной таблице заносятся в реестр таблиц и словарь.

Реестр представляет собой таблицу в базе данных, содержащую уникальный идентификатор таблицы, ее название, сведения о положении ее в дереве каталогов и прочую служебную информацию. Словарь играет важную роль в организации единого пространства имен, так как присваивает каждому параметру уникальный идентификатор и содержит всю информацию об этом параметре: название, тип, возможное поле значений и другую информацию, что позволяет обеспечивать целостность информации в базе данных.

Сервис может быть реализован практически на любом языке и под любой web-сервер — главное, чтобы были соблюдены определенные стандарты. Многие фирмы-поставщики средств разработки ПО поставляют инструменты для упрощения создания web-сервисов. В настоящее время де-факто стандартом для предприятий является операционная система Windows, поэтому зачастую целесообразно использовать технологию .NET, чтобы не ставить

предприятие, пожелавшее установить подобный сервис, перед необходимостью серьезных изменений существующей структуры корпоративной сети.

Среда .NET обеспечивает автоматическое создание SOAP-оберток для передаваемых данных, создает WSDL-описание и скрывает другие сложности реализации стандартного web-сервиса от разработчика.

Сервис предоставляет три группы функций для работы с базой данных: навигация по каталогам, работа с информацией, поиск. Навигация по каталогам — это представление всей информации в базе данных в древовидной форме, где узлы — это либо каталоги с набором подкаталогов (например, подкаталоги „сверла“ и „резцы“ в каталоге „режущий инструмент“), либо уже с необходимыми таблицами (например, таблица „Сверло ГОСТ 4010-77“ в каталоге „Сверла“). Работа с информацией заключается в выдаче клиенту информации по уникальным идентификаторам таблиц, удалении, добавлении и изменении информации. И, наконец, собственно то, ради чего и создавалась система — поиск информации, т.е. выдача записей, удовлетворяющих определенным критериям. Поиск производится с помощью собственного языка описания запросов, язык использует данные словаря и имеет более высокий уровень, чем SQL. Предполагается, что клиент не создает запросы самостоятельно, а вводит данные в нужные поля формы поиска, после чего запрос формируется программой.

При рассмотрении уровня представления данных необходимо отметить следующее: он не входит в состав сервиса и конкретная его реализация зависит именно от клиента. В качестве приложения, удовлетворяющего нуждам большинства потребителей, можно обратить внимание на AJAX-клиент, целиком выполняющийся в web-браузере на стороне клиента. Такой подход, при разумной реализации, позволяет снизить интенсивность обмена информацией и разгрузить сервер. Однако возможны и другие варианты, такие как создание представления полностью на стороне сервера, например, с помощью ASP, или реализация клиентского приложения для используемой клиентом PDM/PLM-системы.

Заключение. Итак, рассмотрев процесс проектирования и реализации web-сервиса для хранения технологической информации, уточним, какие преимущества получают поставщик и пользователь такого приложения.

1. Доступность: web-сервис доступен по всему миру. Нестандартные протоколы и приложения могут быть недоступны в некоторых сегментах сети в силу различных причин, однако доступ к ресурсам по протоколу HTTP открыт практически везде.

2. Универсальность: работа с текстовыми строками позволяет не заботиться о различиях представления бинарных данных на разных платформах, а использование открытых стандартов позволяет web-сервисам органично встраиваться в любое приложение.

3. Независимость: поставщик услуги может изменять, расширять и перенастраивать систему хранения данных, а клиент может использовать различные клиентские приложения. Единственное, что должно оставаться неизменным — интерфейс сервиса, при этом он может расширяться с помощью добавления новых методов без потери совместимости со старыми приложениями.

4. Безопасность: для обмена данными с сервисом можно использовать стандартные механизмы авторизации и организации шифрованных туннелей, разработанные для протокола HTTP и имеющиеся практически во всех web-серверах и клиентах.

Конечно, за все эти преимущества приходится платить, и зачастую в прямом смысле этого слова — объем данных при передаче в тестовом виде значительно превышает их двоичное представление, а следовательно, возрастает сетевой трафик, который нужно оплачивать. Кроме того, больший объем информации, естественно, дольше передается. Однако в условиях современных скоростей передачи данных и тарифов на объем трафика эти затраты будут незначительными по сравнению с полученной выгодой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. М.: Машиностроение, 1987.
2. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косилова, Р. К. Мецеракова. М.: Машиностроение, 2001.

Сведения об авторах

- Дмитрий Дмитриевич Куликов** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: ddkulikov@rambler.ru
- Сергей Владимирович Чертков** — НИИ „Вектор“, Санкт-Петербург; инженер
E-mail: chertkov.s.a@gmail.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

УДК 681.3.06

М. Я. АФАНАСЬЕВ, А. Н. ФИЛИППОВ

СОЗДАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ БАЗ ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ PYTHON

Рассмотрен метод создания моделей баз данных на языке сверхвысокого уровня Python. Проведен сравнительный анализ метода с классическими.

Ключевые слова: базы данных, технология приборостроения.

С момента своего создания системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) тесно связаны с базами данных (БД). Базы данных технологического назначения позволяют структурировать и организовывать данные, описывающие характеристики различных объектов, необходимых для проектирования и управления технологическими процессами (ТП). Это очень удобно, но до тех пор пока не появляется необходимость смены формата баз данных, изменения структуры данных или перехода к новой САПР ТП. Поэтому проблема совместимости между различными форматами БД и конвертации из одного формата в другой является основной при проектировании систем управления базами данных технологического назначения (СУБД ТН).

Классический способ работы с БД предполагает подключение к серверу базы данных, получение от него некоторых данных (с помощью языка запросов), форматирование и отображение полученных данных. Например, для обращения к базе данных режущего инструмента (в формате `mysql`) и вывода наименований всех резцов можно создать следующую функцию на языке Python:

```
# импортирование модуля доступа к БД mysql
import MySQLdb

def tool_bits_list():
    # подключение к серверу БД
    db = MySQLdb.connect(
        user = 'ivanov',
        db = 'ctoolsdb',
        passwd = 'secret',
        host = 'localhost'
    )
```

```

# создание курсора
cursor = db.cursor()
# исполнение SQL-запроса
cursor.execute( 'SELECT name FROM tool_bits ORDER BY name' )
# получение массива имен
names = [ row[ 0 ] for row in cursor.fetchall() ]
# закрытие соединения с сервером БД
db.close()
return names.

```

Данный подход прекрасно работает, но очевидны следующие проблемы.

1. В функции жестко определяются параметры соединения с базой данных, в идеале эти параметры должны храниться в конфигурации системы.

2. Необходимо разрабатывать дополнительный код для создания соединения, курсора, выполнения оператора и закрытия соединения.

3. Данный подход привязывает систему к БД MySQL. В случае необходимости перехода от СУБД MySQL к СУБД PostgreSQL или, например, Oracle потребуется использовать другой драйвер базы данных, изменять параметры соединения и, в зависимости от природы SQL-операторов, возможно, переписать SQL-запросы.

Для решения вышеописанных проблем предлагается использовать так называемые модели БД. Модель представляет собой описание данных, которые хранятся в базе данных, выполненное в виде кода на языке Python. Такая форма представления данных — эквивалент SQL-операторов CREATE TABLE — она описана на языке Python и включает в себя не только определение столбцов в базе данных. Система использует модель для фонового выполнения SQL-запроса и возвращает структуры Python (список, ассоциативный массив или кортеж) с данными, представляющими собой записи в таблицах базы данных. Модели также могут использоваться для представления высокоуровневых концепций, которые язык SQL вряд ли сможет обработать [2, 3].

Может показаться, что введение дополнительного уровня представления данных бессмысленно, но для этого есть несколько причин:

— использование модели позволяет работать с любыми форматами БД без дополнительных перенастроек, а также параллельно с несколькими различными БД в одном проекте;

— нет необходимости в написании сложных SQL-запросов;

— когда модели баз данных хранятся в виде сценария, а не в базе данных, упрощается управление версиями этих моделей. Это помогает сохранить историю всех изменений моделей;

— существует неполная совместимость языка SQL с разными платформами баз данных. При распространении САПР ТП более практично передавать модуль на языке Python, который описывает формат данных вместо отдельных наборов операторов CREATE TABLE для MySQL, PostgreSQL, SQLite, Oracle и др.

Таким образом, модель базы данных режущего инструмента может быть представлена следующим образом:

```

from db import models

# Таблица резцов
class ToolBit( models.Model ):
    name = models.CharField( max_length=50 )
    gost = models.CharField( max_length=30 )
    material = models.CharField( max_length=20 )
    type = models.IntField( max_length=3 )

```

```

# Таблица фрез
class MillingCutters( models.Model ):
    name = models.CharField( max_length=50 )
    gost = models.CharField( max_length=30 )
    material = models.CharField( max_length=20 )
    type = models.IntegerField( max_length=2 )
    diameter = models.FloatField( max_digits=5, decimal_places=2)
    flutes = models.IntegerField( max_length=2 )
    coating = models.CharField( max_length=30 )
    helix_angle = models.FloatField( max_digits=5, decimal_places=3 )

# Таблица сверл
class DrillBits( models.Model ):
    name = models.CharField( max_length=50 )
    gost = models.CharField( max_length=30 )
    material = models.CharField( max_length=20 )
    type = models.IntegerField( max_length=2 )
    length = models.FloatField( max_digits=5, decimal_places=2 )
    diameter = models.FloatField( max_digits=5, decimal_places=2 ).

```

Можно видеть, что все классы описанной выше модели наследуются от базового класса `models`. Методы `CharField`, `IntegerField` и `FloatField` определяют тип поля таблицы (строковый, целый и вещественный), а параметры этих методов задают формат (маску) поля. Дополнительно могут быть введены и другие типы полей (например, поля даты, времени, отношений „один-ко-многим“ и „многие-ко-многим“, поля для представления внешнего ключа и т.д.)

После создания модели пользователю автоматически предоставляется высокоуровневый API (Application Programming Interface) для работы с ней [4, 5]. Поясним это на конкретном примере:

```

from db.models import ToolBit
#Создаем новую запись с помощью конструктора
record = ToolBit(
    name = 'TB1'
    gost = 'GOST'
    material = 'steel'
    type = 10
)
#Сохраняем запись
record.save().

```

Подобная запись гораздо удобнее и нагляднее традиционного SQL-запроса. Также API предоставляет возможность простого доступа к данным, например, для изменения поля `name` достаточно написать следующее:

```

record.name = "TB2"
record.save(),

```

система самостоятельно определит ключ изменяемой записи и заменит значение только одного поля. Чтобы проделать то же с помощью SQL-запроса, нам было бы необходимо сначала каким-то образом определить ключ записи, а затем создать следующий запрос:

```

UPDATE db SET
    name = 'TB1'
    gost = 'GOST'
    material = 'steel'
    type = 10
WHERE index = 10.

```

Фильтрация данных осуществляется с помощью метода `filter()`, например:

```
#Выбрать все резцы десятого типа
ToolBit.objects.filter( type = 10 )
#Тоже самое, но используется LIKE вместо операции равенства
ToolBit.objects.filter( type__contains = 10 )
#Выбрать все стальные резцы десятого типа (операция AND)
ToolBit.objects.filter( type = 10, material = 'steel' ).
```

Доступны и другие типы выборок, включая `icontains` (не зависящий от регистра `LIKE`), `startswith` (записи начинающиеся с) и `endswith` (записи, заканчивающиеся на), `range` (SQL-оператор `BETWEEN`) и др.

Сортировка осуществляется с помощью метода `order_by()`:

```
#Прямая сортировка по полю name
ToolBit.objects.order_by( "name" )
#Обратная сортировка по полю name
ToolBit.objects.order_by( "-name" )
#Прямая сортировка по полям name и type
ToolBit.objects.order_by( "name", "type" )
#Сортировка по умолчанию (поле должно быть задано в метаданных моде-
ли)
ToolBit.objects.order_by( ).
```

Можно сортировать и фильтровать данные одновременно:

```
ToolBit.objects.filter( type = 10 ).order_by( "name" ).
```

Дополнительно можно делать частичные выборки, удалять записи и т.д. Хорошо продуманная модель позволяет забыть о громоздких и неудобных в проектировании SQL-запросах, но несмотря на все вышеописанные достоинства данный подход имеет один недостаток: при изменении модели структура БД не меняется. Эта проблема носит чисто технический характер и со временем, несомненно, будет устранена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Филиппов А. Н.* Разработка и исследование методов экспертных систем в САПР ТП механической обработки. Дис. ... канд. техн. наук. Л.: ЛИТМО, 1991. 148 с.
2. *Бизли Д. М.* Язык программирования Python. Справочник. К.: ДияСофт, 2000. 336 с.
3. *Лутц М.* Программирование на Python. СПб: Символ-Плюс, 2002. 1136 с.
4. *Сузи Р. А.* Python. Наиболее полное руководство. СПб: БХВ-Петербург, 2002. 768 с.
5. *Сузи Р. А.* Язык программирования Python: Учеб. пособие. М.: ИНТУИТ, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 328 с.

Сведения об авторах

- Максим Яковлевич Афанасьев** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: ichiro.kodachi@gmail.com
- Александр Николаевич Филиппов** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: filippov_an@rambler.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

ГРУППИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

УДК 004.89: 002.53

Е. И. Яблочников, В. И. Молочник, В. С. Гусельников

МЕТОД РАЗРАБОТКИ ГРУППОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Рассматривается метод групповых технологических процессов с использованием процедур САМ-системы с применением механизма, основанного на принципах нечеткой логики для формирования групп деталей. Рассматривается возможность создания шаблонов из набора процедур САМ-системы для создания групповой управляющей программы.

Ключевые слова: групповой технологический процесс, САМ-система.

Использование групповых технологических процессов (ТП) в производстве обеспечивает снижение затрат на разработку индивидуальных ТП, позволяет сокращать сроки технологической подготовки производства [1]. Однако разработка ТП для оборудования с ЧПУ имеет существенную специфику, связанную с необходимостью детализации всех перемещений инструмента до уровня управляющей программы. В связи с этим в условиях постоянно возрастающей роли оборудования с ЧПУ актуальность приобретают вопросы построения групповых ТП, учитывающих специфику и возможности данного класса оборудования.

Как было показано в работе [2], групповой операционный ТП для станка с ЧПУ может быть представлен некоторым параметризованным технологическим шаблоном (темплейтом) в среде САД/САМ-системы. Этот шаблон строится как последовательность технологических процедур, в которых обрабатываемая геометрия соответствует тому или иному элементу предварительно созданной трехмерной модели комплексной детали (или, более строго, детали-операции). При разработке индивидуального ТП для конкретной детали с использованием шаблона, параметры ТП конкретизируются, из списка процедур исключаются избыточные (если таковые имеются).

Несмотря на универсальность предложенный метод имеет два существенных недостатка. Первый из них заключается в необходимости „прямого просмотра“ последовательности процедур и удаления лишних из списка. Более удобно было бы иметь возможность указывать на наличие или отсутствие тех или иных геометрических элементов комплексной детали, а не анализировать набор процедур. Второй недостаток заключается в строгой линейности списка процедур и отсутствии возможности выбрать ту или иную процедуру в зависимости от некоторого условия. Это может приводить к созданию большого числа групповых ТП вместо того, чтобы объединить эти групповые ТП в один и обеспечить технологу более высокий уровень удобства при работе со средствами автоматизации.

Причины обоих недостатков кроются в том, что в предлагаемом методе возможности построения групповых ТП ограничены свойствами САД/САМ-системы (точнее, ее

САМ-подсистемы). Эти свойства позволяют строить только линейные последовательности процедур и не позволяют строить иерархические или сетевые структуры.

В условиях создания автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП), которые строятся на базе не только САД/САМ-систем, но и PDM-систем [3], указанные выше недостатки могут быть устранены за счет использования возможностей PDM-системы, а также других видов современного программного обеспечения.

Прежде чем переходить к построению групповой ТП в среде PDM-системы, приведем два примера, иллюстрирующие возможность выбора той или иной процедуры.

1. Пусть на комплексной детали, предназначенной для токарной обработки, имеется канавка, ее форма может быть разной, и для обработки канавки требуются различные процедуры. В простейшем случае это может быть обработка путем перемещения канавочного резца соответствующих размеров в направлении, перпендикулярном оси вращения шпинделя. В другом случае может понадобиться процедура точения, в третьем — обработка разных частей канавки двумя инструментами. Если связывать групповой ТП с видом обработки, то пришлось бы создавать несколько комплексных деталей, имеющих по существу однотипную геометрию.

2. В детали существует геометрическая зона обработки, называемая поверхностным колодецом. Это колодец, ограниченный сверху замкнутым контуром и образованный набором 3D-поверхностей. В зависимости от характера поверхностей могут потребоваться существенно различные последовательности процедур фрезерной 3D-обработки колодца. Так, САД/САМ-система Cimatron E содержит целый ряд процедур черновой, получистовой и чистовой обработки, связанных с характером и особенностями поверхностей. Например, существуют специальные процедуры обработки поверхностей, близких к вертикальным или горизонтальным. Здесь деление по видам обработки привело бы к созданию целого ряда комплексных деталей, имеющих поверхностные колодцы с теми или иными особенностями.

Групповой ТП в среде PDM-системы строится, как и в случае его построения в среде САД/САМ-системы, с учетом предварительно созданной комплексной детали. Однако комплексная деталь при этом обладает значительно более высокой степенью общности, так как учитывает в основном лишь геометрическое подобие деталей, входящих в группу, а не особенности обработки тех или иных геометрических элементов.

Различные варианты последовательностей процедур обработки, входящих в данную группу, создаются средствами САД/САМ-системы в виде технологических шаблонов и сохраняются в отдельных файлах. Выбор того или иного файла в зависимости от особенностей конкретной детали осуществляется специальной программой, написанной на языке API используемой PDM-системы — так называемым „технологическим решателем“ (ТР), который опирается на использование базы производственных правил „ЕСЛИ <условие>, ТО <решение>“, где в качестве условий фигурируют параметры детали, а в качестве решений — выбор той или иной схемы обработки.

Параметры детали могут носить как количественный, так и качественный характер. Их значения поступают в ТР путем специально организованного диалога с технологом или определяются за счет автоматического анализа 3D-модели конкретной детали (если возможность проведения такого анализа существует).

При составлении базы правил могут возникать ситуации, когда нужно принимать решение в условиях частичной неопределенности. Например, трудно однозначно определить, что считать „поверхностью, близкой к вертикальной“. В таких ситуациях представляется перспективным использование нечетких знаний, имеющих вид правил нечетких продукций: „ЕСЛИ <нечеткое условие>, ТО <нечеткое заключение>“ [4, 5]. Здесь нечеткое условие и нечеткое заключение представляют собой так называемые нечеткие высказывания, степень

истинности которых определяется значением из интервала действительных чисел $[0, 1]$. Это позволяет формально описывать ситуации с неопределенностью, что применительно к задаче группирования означает возможность описания групп с нечеткими границами.

База правил, используемая в ТР для выбора того или иного технологического решения, может включать в себя два раздела — обычные производственные правила и нечеткие правила. Работа с нечеткими правилами требует использования механизмов нечеткого логического вывода, которые могут быть созданы с применением соответствующих инструментальных средств [5].

Таким образом, структура группового ТП описывается совокупно составом шаблонов, логикой ТР и содержанием баз правил. Схема предлагаемой организации групповых ТП обработки деталей на станках с ЧПУ представлена на рис. 1.

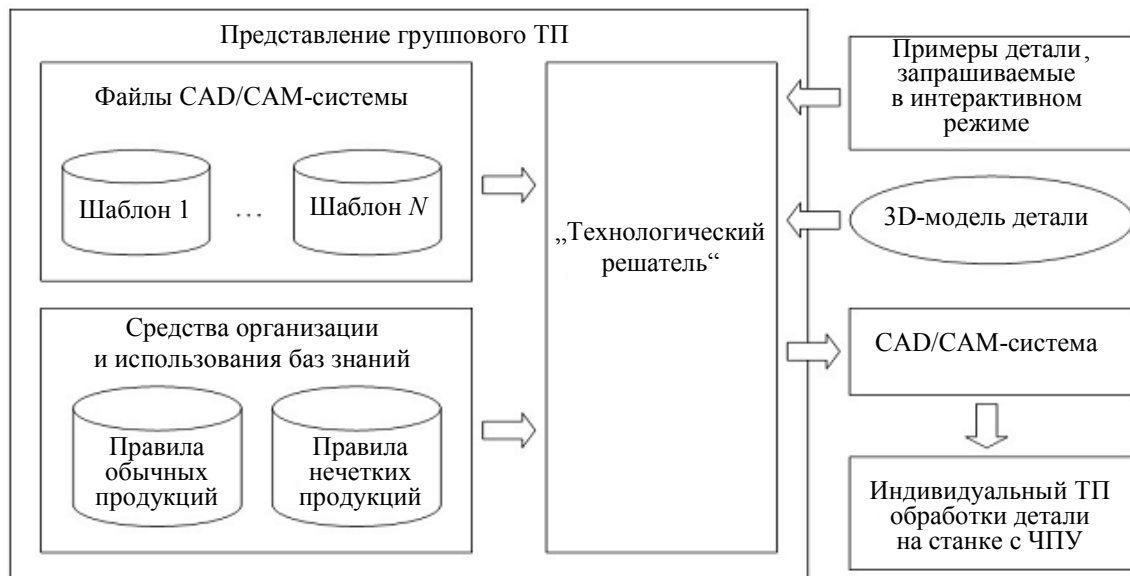


Рис. 1

Создаваемые комплексные детали и соответствующие им групповые ТП обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ интегрируются в состав АСТПП, которая обеспечивает также организацию библиотек комплексных деталей и соответствующих им групповых ТП, поддержку механизмов просмотра и выбора комплексной детали, использование групповых ТП в процессе функционирования САПР ТП. Комплексная деталь может быть представлена в виде графического изображения, которое технолог сопоставляет с реальной деталью, подлежащей изготовлению на станке с ЧПУ. Путем такого сопоставления технолог определяет, принадлежит реальная деталь (РД) группе, которую представляет комплексная деталь (КД), или нет. Данное графическое изображение может рассматриваться как „внешнее“ представление комплексной детали, тогда как ее „внутренним“ представлением является описанная в шаблонах совокупность параметризованных геометрических объектов.

Алгоритм использования группового ТП для проектирования индивидуального ТП обработки детали на станке с ЧПУ приведен на рис. 2.

Часть параметров обработки, определяемых базой знаний, может использоваться в „технологическом решателе“, а часть — передаваться в CAD/CAM-систему. При этом способ передачи параметров в CAD/CAM-систему зависит от возможностей используемой системы. Если система допускает прием и подстановку значений параметров обработки, то передача параметров происходит в автоматическом режиме. В противном случае ТР формирует таблицу с именами и значениями параметров, которая просматривается технологом при работе с

CAD/CAM-системой в специальном окне. Перенос значений параметров из таблицы в CAD/CAM-систему может осуществляться путем копирования.

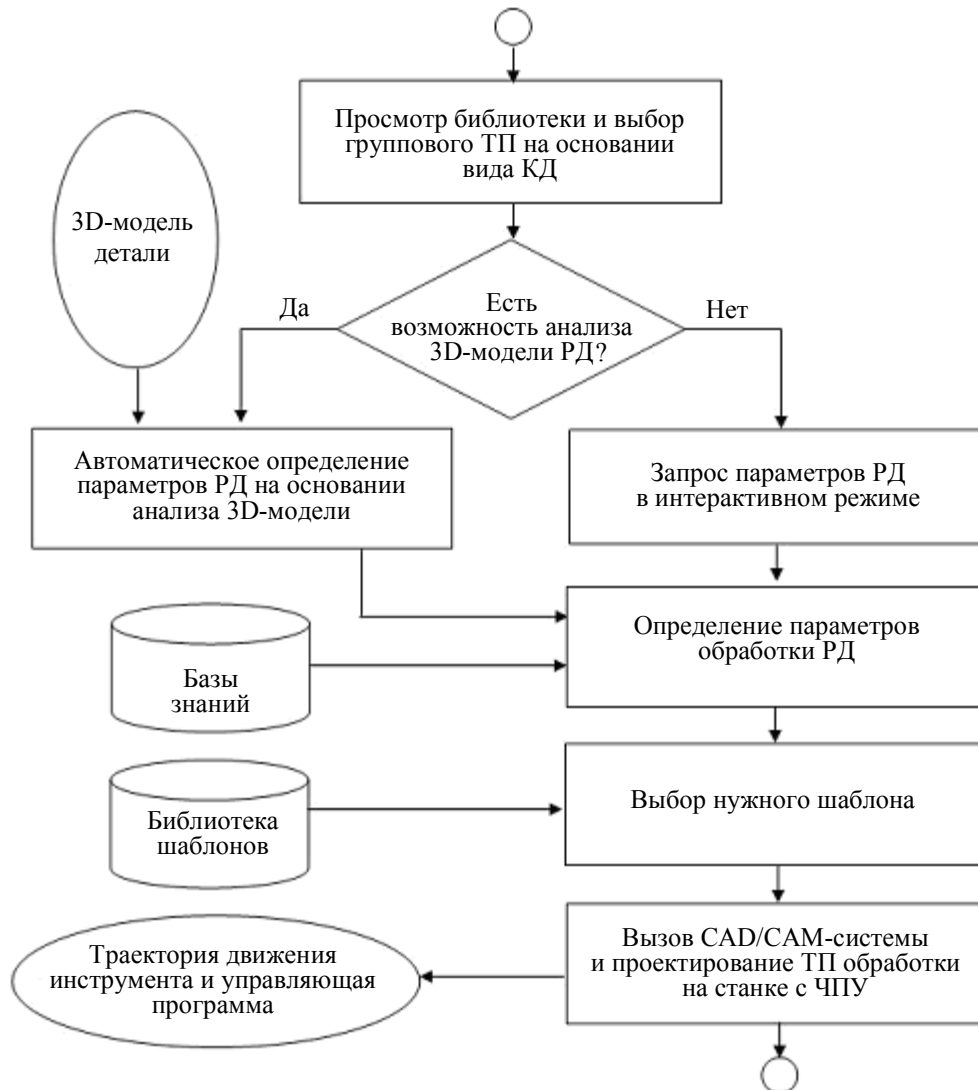


Рис. 2

Предлагаемое „расширенное“ представление группового ТП, в сравнении с его представлением лишь средствами CAD/CAM-системы, не только позволяет оптимизировать состав библиотеки групповых ТП, но и существенно облегчает как процесс использования этой библиотеки, так и процесс создания комплексных деталей. Предлагаемый метод позволяет производить отбор деталей в группу (которая будет представлена комплексной деталью) на основании общности их геометрических характеристик, не анализируя при этом возможные варианты обработки тех или иных геометрических элементов. Дополнительным преимуществом метода является представление технологических знаний в виде баз правил, которые при необходимости могут быть использованы в нескольких групповых технологических процессах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
2. Пелипенко А. Б. Исследование и разработка методов решения задач конструкторско-технологической подготовки производства предприятий машино- и приборостроения в условиях применения CAD/CAM-систем. Дис. ... канд. техн. наук. СПб: СПбГИТМО (ТУ), 1998. 168 с.

3. Зильбербург Л. И., Молочник В. И., Яблочников Е. И. Информационные технологии в проектировании и производстве. СПб: Политехника, 2008. 304 с.
4. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. 384 с.
5. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

Сведения об авторах

- Евгений Иванович Яблочников** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: ejj@mail.ifmo.ru
- Виктор Иосифович Молочник** — канд. техн. наук; СП ЗАО „Би Питрон“, Санкт-Петербург; заместитель директора по научной работе; E-mail: vimol@bee-pitron.spb.su
- Владимир Сергеевич Гусельников** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: guselnikov@rambler.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

УДК 004.89: 002.53

В. В. АВЕРИН, В. С. ГУСЕЛЬНИКОВ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Приведены основные критерии проектирования управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением. Описываются способы применения систем верификации при разработке управляющих программ.

Ключевые слова: оборудование с числовым программным управлением, управляющая программа, высокоскоростная обработка, CAD/CAM-системы, верификация управляющих программ.

Изготовление деталей быстрее, качественнее и с меньшими затратами, чем у конкурентов, — основные виды преимущества любого производства. Их достижение возможно с применением высокотехнологичного оборудования, а также программного обеспечения для подготовки и верификации данных. Использование современного оборудования без соответствующего программного обеспечения и инфраструктуры не приведет к желаемым результатам. Проектирование управляющих программ с использованием непосредственно интерфейса системы ЧПУ, на первый взгляд, обойдется дешевле, но в результате может привести как к простоям оборудования, так и не уберет даже опытного оператора от ошибок, которые могут привести к дорогостоящему ремонту. Техническое переоснащение предприятий — трудный, но зачастую единственный путь развития. Выбор станочного парка следует осуществлять параллельно с выбором CAD/CAM-системы. Внедрение CAD/CAM-систем минимизирует период подготовки производства и приводит к сокращению времени вывода изделия на рынок.

Внедрение современных высокопроизводительных станков с ЧПУ в производство позволяет использовать принципы высокоскоростной обработки (ВСО) заготовок деталей. Теоретическим обоснованием ВСО являются так называемые кривые Соломона (рис. 1), которые демонстрируют снижение сил резания (F_p) в некотором диапазоне скоростей (V_p). Но наиболее важным фактором здесь является перераспределение тепла в зоне резания. При небольших сечениях среза в этом диапазоне скоростей основная масса тепла концентрируется в стружке, не успевая переходить в заготовку, что позволяет производить обработку закаленных

сталей, не опасаясь отпуска поверхностного слоя. Отсюда следует основное преимущество ВСО: малая толщина стружки, снимаемой с высокой скоростью, соответственно высокие обороты шпинделя и высокая минутная подача. Имея возможность вести лезвийную обработку закаленных сталей, можно обеспечить качество поверхности, соизмеримое с получаемым при электроэрозионной обработке. Это позволяет пересмотреть структуру производственного процесса изготовления формообразующих элементов пресс-форм и штампов [1].

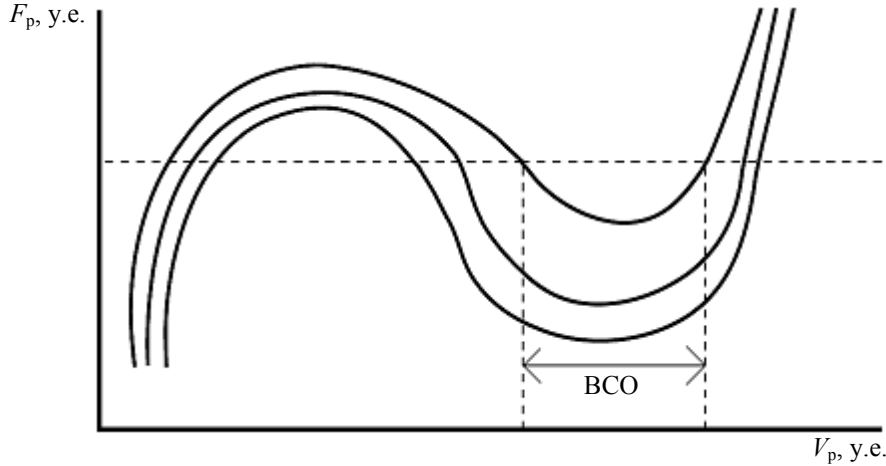


Рис. 1

Существует много факторов, влияющих на эффективность процесса ВСО. Известно, как на ВСО воздействуют характеристики станка (шпинделя, цанговых патронов, режущего инструмента) и системы ЧПУ, однако не всегда учитывается зависимость качества выполнения ВСО от методов программирования траектории движения инструмента. Особенно важно наличие возможности САМ-системы при обработке модели детали и расчете управляющей программы (УП) использовать сплайн-интерполяцию, обеспечивающую не только более высокое качество обработанных поверхностей, но и значительное сокращение кадров УП. Программирование сплайнами позволяет описать большие участки траектории меньшим количеством кадров, поскольку основной расчет траектории ведется с использованием математического аппарата системы ЧПУ, вследствие чего траектория оптимально передается на приводы станка.

Система ЧПУ является тактовой: между длиной перемещения в кадре l (мм), временем обработки кадра T (мс) и максимально возможной подачей F_{\max} (м/мин) существует следующая зависимость [2]:

$$F_{\max} = 60 \frac{l}{T}.$$

Это означает, что при траектории в кадре длиной $l = 0,01$ мм, временем обработки кадра $T = 0,2$ мс максимальная подача ограничивается до $F_{\max} = 0,3$ м/мин. Поэтому необходимо описывать наибольшие участки траектории как можно меньшим количеством кадров, чтобы получить максимальную подачу F_{\max} , соответствующую условиям ВСО.

Другим важным свойством САМ-системы является возможность формировать траектории с наименьшим количеством врезаний и выходов из материала, а также с радиусным сопряжением углов. Это позволяет избежать резких изменений в направлении траектории и, как следствие, значительно снизить нагрузку на инструмент. Наиболее полно этому соответствуют инструменты САМ-системы, позволяющие рассчитывать траекторию врезания и обработки в виде трохоид (трансцендентных плоских кривых), а также в виде двумерных и трехмерных спиральных кривых.

Также САМ-система должна изменять расстояния между слоями по оси Z , чтобы после предварительной обработки достичь практически окончательной формы с гарантированным

определенным значением припуска [3], для этого системой должны восприниматься изменения в рельефе поверхности между слоями. По значению остающегося припуска система должна определять необходимость дополнительных проходов. Такие функциональные возможности могут исключить получистовую обработку, уменьшить время цикла обработки и износ режущего инструмента.

Для современного инструмента из твердого сплава более благоприятно иметь постоянную, пусть даже и высокую, температуру в зоне резания, чем ее колебания. Резкое изменение условий резания приводит к увеличению количества выделяемого тепла и механических напряжений на режущей кромке, что в результате значительно снижает стойкость инструмента. Если траектория движения инструмента рассчитана на соблюдение постоянных условий резания, то это позволит увеличить стойкость инструмента, получить лучшую точность и шероховатость обработанной поверхности. В большинстве случаев, заданную геометрию детали практически невозможно получить без программирования траектории движения инструмента с острыми углами и быстрыми поворотами, но такие траектории должны быть минимизированы с использованием функции сглаживания или специальных функций обхода углов для ВСО.

Высокопроизводительным инструментом технолога-программиста может стать любая CAD/CAM-система, отвечающая большинству предъявляемых требований для решения поставленных задач: начиная от типа трехмерных моделей, на основе которых будет производиться расчет управляющей программы (каркасных, поверхностных, твердотельных, гибридных), до различных стратегий обработки, поддерживаемых математическим ядром САМ-системы. При расчете траектории инструмента САМ-система должна учитывать геометрию не только детали, но и заготовки. Модель исходной заготовки также может быть построена средствами моделирования самой системы или импортирована через интерфейсы обмена данными. В зависимости от необходимости предприятия САМ-система должна позволять рассчитывать УП для различных кинематических схем оборудования, в том числе для многокоординатного и электроэрозионного оборудования с ЧПУ.

В круг задач, решаемых современной CAD/CAM-системой, входят: выбор стратегий обработки и задание параметров выбранных стратегий; выбор обрабатываемых и ограничивающих поверхностей на модели изделия (детали); формирование траектории движения инструмента с учетом стратегий обработки, выбранных поверхностей, режущего инструмента, автоматического контроля зарезов и оптимизации траектории инструмента с учетом текущего состояния заготовки; автоматическое отслеживание изменений, вносимых в модель изделия; использование технологических шаблонов для формирования траектории инструмента и получения подобных деталей. Среди этих задач наибольший интерес для анализа представляют стратегии обработки. Именно набор предлагаемых стратегий в значительной степени отличает одну САМ-систему от другой.

Наличие стратегий, позволяющих применить сплайн-интерполяцию, трохоидальную обработку, различные виды спиральных кривых, говорит о том, что САМ-система имеет мощный внутренний математический аппарат для генерации соответствующего кода УП, который впоследствии преобразуется постпроцессором в необходимый оборудованию код [4]. Оценить корректность конечных программ визуально практически невозможно, так как в них траектория описана не конкретными значениями положения инструмента, а лишь входными параметрами функций, на основе которых система ЧПУ будет рассчитывать эти положения. Поэтому особое внимание при разработке сложных УП следует уделить верификации.

Блоки верификации присутствуют как в САМ-системе, так и в самой системе ЧПУ. Но в силу ряда причин они не являются действительно эффективными, поскольку логика и математический аппарат этих систем изначально не предназначались для визуального моделирования процесса обработки. Для проверки УП существуют внешние системы верификации, никак не связанные с разработкой УП, которые позволяют моделировать процесс обработки

на многокоординатном оборудовании с учетом особенностей конкретной кинематики. Такие системы выполняют несколько основных функций:

— моделирование (обеспечивает визуализацию процесса съема материала с заготовки по готовым управляющим программам);

— верификация (дает возможность контролировать процесс обработки, принимая во внимание движение и взаимное расположение рабочих органов станка, используемого технологического оборудования и инструмента);

— анализ (позволяет оценивать качество обработки путем сравнения обработанной заготовки с моделью детали и проводить измерения геометрических параметров).

С помощью указанных функций контроль всего процесса обработки заготовки осуществляется быстро и с высокой точностью, при этом можно использовать все функции системы независимо от формата УП — будь то нейтральный формат CLDATA или ISO 7-bit, однако действительно правильный результат, соответствующий реальной обработке заготовки детали в цехе, можно получить только при работе с программой в формате ISO 7-bit. Мощность современных ЭВМ и графических устройств позволяет вести моделирование с высокой точностью и получить результат анализа (рис. 2, а), даже визуально совпадающий с результатами реальной обработки (рис. 2, б) [5].

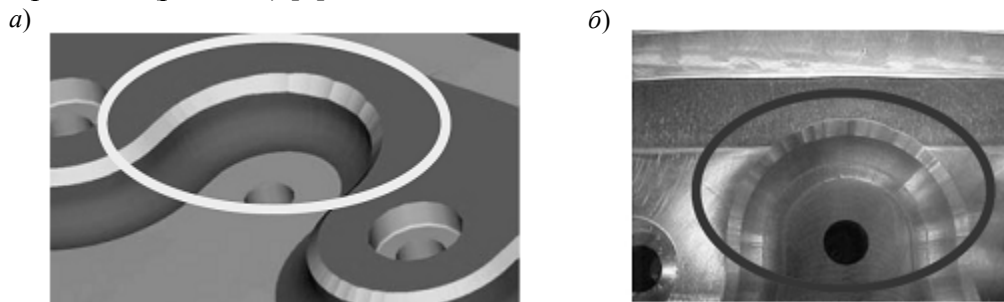


Рис. 2

„Знания“ системы о текущем состоянии заготовки позволяют осуществлять расчет толщины стружки в 3D-сечении, что в свою очередь позволяет контролировать подачу на зуб фрезы. На основе рекомендованных режимов для инструмента и рассчитываемых системой данных в некоторых системах верификации реализован механизм варьирования текущих режимов резания в зависимости от текущих условий работы инструмента. Такой механизм получил название „оптимизация“, что подразумевает варьирование режимов резания в пределах рекомендуемых, оптимальных.

Современные программные продукты позволяют автоматизировать трудоемкие расчеты для получения качественных УП, соответствующих условиям обработки, кинематике оборудования с ЧПУ и самой системе ЧПУ. Кроме того, применение систем верификации позволяет технологу-программисту наблюдать трехмерную виртуальную модель оборудования с ЧПУ. Использование множества систем на предприятии и, как следствие — возможное наличие множества различных типов и форматов данных — приводит к тому, что одним из основных критериев выбора программного обеспечения является совместимость (или возможность интеграции) систем для свободного обмена данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Серебrenицкий П. П.* Некоторые особенности высокоскоростной механической обработки // *Металлообработка*. 2007. № 4. С. 6—15.
2. *Виттингтон К., Власов В.* Высокоскоростная механообработка // *САПР и графика*. 2002. № 11. С. 10—17.
3. *Степанов А.* Высокоскоростное фрезерование в современном производстве // *CAD/CAM/CAE Observer*. 2002. № 3. С. 2—8.

4. Зильбербург Л. И., Молочник В. И., Яблочников Е. И. Моделирование приборов, систем и производственных процессов. СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. 156 с.
5. Del Prete A., Anglani A., Mazzotta D. Control and optimization of toolpath in metal cutting applications through the usage of computer aided instruments // 8th AITeM Congress Montecatini Terme. 2007. P. 134—138.

Сведения об авторах

- Владимир Викторович Аверин** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: aver84@mail.ru
- Владимир Сергеевич Гусельников** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: guselnikov@rambler.ru

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

УДК 65.011.56

Б. С. ПАДУН, М. Г. РОЖДЕСТВЕНСКАЯ, В. А. БАЖАНОВА

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГРУППИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматривается автоматизированная система, интегрирующая решение задач унификации, стандартизации и группирования объектов производства. Представлены состав системы, структура управления системой и подход к организации программных компонентов.

Ключевые слова: технологический процесс, группирование объектов производства, автоматизированная система.

Введение. Трудно переоценить роль задач анализа, унификации, группирования и типизации объектов производства (ОП), процессов и средств производства для обеспечения эффективного функционирования предприятия. Это еще отмечали А.П. Соколовский и инженерная общественность Ленинграда в 1930—1940 гг. [1]. В дальнейшем эти задачи решались в работах С. П. Митрофанова и его учеников [2, 3]. Было написано много статей и монографий, разработаны специальные ГОСТ. Возникает вопрос: почему тема группирования ОП (деталей, сборочных единиц, изделий) до сих пор актуальна?

Анализ задачи и систем группирования ОП. Результат группирования R зависит от множества группируемых ОП D и применяемого алгоритма группирования A_μ : $R = A_\mu(D)$. В общем случае $D = D_{\text{и}} \cup D_{\text{п}}$, где $D_{\text{и}}$, $D_{\text{п}}$ — множества соответственно изготавливаемых и прогнозируемых для выпуска в будущем ОП. Алгоритм группирования A_μ представляет собой следующую композицию алгоритмов

$$A_\mu = (p_{D_\mu}, p_{\text{ПС}_\mu}, p_{\text{Т}_\mu}, p_{\text{С}_\mu}, p_{\text{КО}_\mu}, p_{\text{Г}_\mu}, p_{\text{О}_\mu}, p_{\text{К}_\mu}), \quad (1)$$

где p_{D_μ} — алгоритм анализа и унификации ОП и формирования множества $D_{\text{п}}$, $p_{\text{ПС}_\mu}$ — алгоритм анализа и определения состояния производственной среды, $p_{\text{Т}_\mu}$ — алгоритм анализа и унификации действующей на предприятии технологии, $p_{\text{С}_\mu}$ — алгоритм определения признакового пространства группирования ОП, $p_{\text{КО}_\mu}$ — алгоритм определения количественной оценки конструкторско-технологической общности ОП, $p_{\text{Г}_\mu}$ — алгоритм порождения множеств (группировок) ОП, $p_{\text{О}_\mu}$ — алгоритм оценки показателей группирования, $p_{\text{К}_\mu}$ — алгоритм построения правил классификации ОП.

Наличие в алгоритме A_{μ} алгоритмов анализа и унификации ОП, средств производства и технологических процессов повышает эффективность группирования. Многие алгоритмы в (1) выбираются в конкретных ситуациях из множества альтернатив:

$$p_{D\mu} \in P_D, p_{PC\mu} \in P_{PC}, p_{T\mu} \in P_T, p_{C\mu} \in P_C, p_{KO\mu} \in P_{KO}, p_{O\mu} \in P_O.$$

В общем случае состав и даже порядок применения алгоритмов зависят от форм организации группового производства, производственных условий, технологических традиций конкретного предприятия. Следовательно, в производственных условиях необходимо оперативно формировать множество алгоритмов группирования.

К сожалению, в литературе, например в [2—5], описаны либо только общие схемы решения задачи группирования, либо отдельные алгоритмы, присутствующие в выражении (1). Существующие автоматизированные системы, которые применяются для группирования деталей

— либо носят вспомогательный характер, как например информационно-поисковые системы или системы кластеризации [4, 5], помогающие технологу только при анализе ОП и средств производства и отборе группировок ОП,

— либо реализуют конкретную схему и ограниченный состав алгоритмов группирования, что не позволяет учесть особенностей технологий конкретного производства. Весь необходимый состав алгоритмов не реализуются в этих системах, их решает технолог, практически „вручную“, что и объясняет высокую трудоемкость их выполнения.

Следовательно, возникает необходимость создания принципиально новой автоматизированной системы группирования (АСГ), которая была бы свободна от указанных недостатков.

Состав, структура и тип систем. Выражение (1) определяет состав функциональных комплексов АСГ. Функциональные комплексы, реализующие алгоритмы P_D, P_{PC}, P_T, P_C , предназначены для систематизации данных, конструкторских и технологических решений и могут быть отнесены к средствам настройки систем группирования. Функциональные комплексы, реализующие $P_{KO}, p_{T\mu}, P_O, p_{C\mu}$ — это комплексы целевого назначения, т.е. группирования ОП. Совместная работа функциональных комплексов реализуется управляющей системой „монитор“ по данным, содержащимся в хранилище данных (ХД), с использованием совокупности конверторов и редакторов данных. Мониторная система имеет собственную базу данных: блоки заданий и коммуникационную область, представленные на схеме управления АСГ (рис. 1). Все компоненты работают в диалоге с оператором (О). Результатом работы АСГ являются не только данные о составе групп, но и правила описания групп, представленные в виде правил классификации, которые хранятся в базе знаний.

Программные комплексы АСГ предназначены для технологов, решающих задачи технологической подготовки производства в режиме диалога. Для выбора компонентов, реализующих задачи анализа и группирования, и настройки программных комплексов используется меню; для анализа качества группировок — визуализация решений; для ввода данных и формирования отчетов — специальные программные компоненты; для формирования оперативных заданий — специальные языки описания заданий. Специальные программные компоненты организуют ввод данных об ОП либо в режиме диалога с оператором, либо — преобразуют данные из САД-систем. Языки позволяют в процессе группирования определить состав и последовательность применения процедур.

Все функциональные программные комплексы АСГ можно разделить на три группы по способу их использования и организации:

— программный комплекс, для функционирования которого достаточно задать данные (например, программный комплекс построения классификатора);

— часть программного комплекса, состоящая из неизменяемых и встраиваемых элементов, которые выбираются из динамической библиотеки функций (например, программный комплекс оценки показателей группирования);

— динамическая библиотека функций, предназначенная для формирования конкретной конфигурации программных компонентов и комплексов АСГ (например, определение количественной близости между ОП). Элементы библиотеки вызываются по заданию технолога, который проводит группирование.

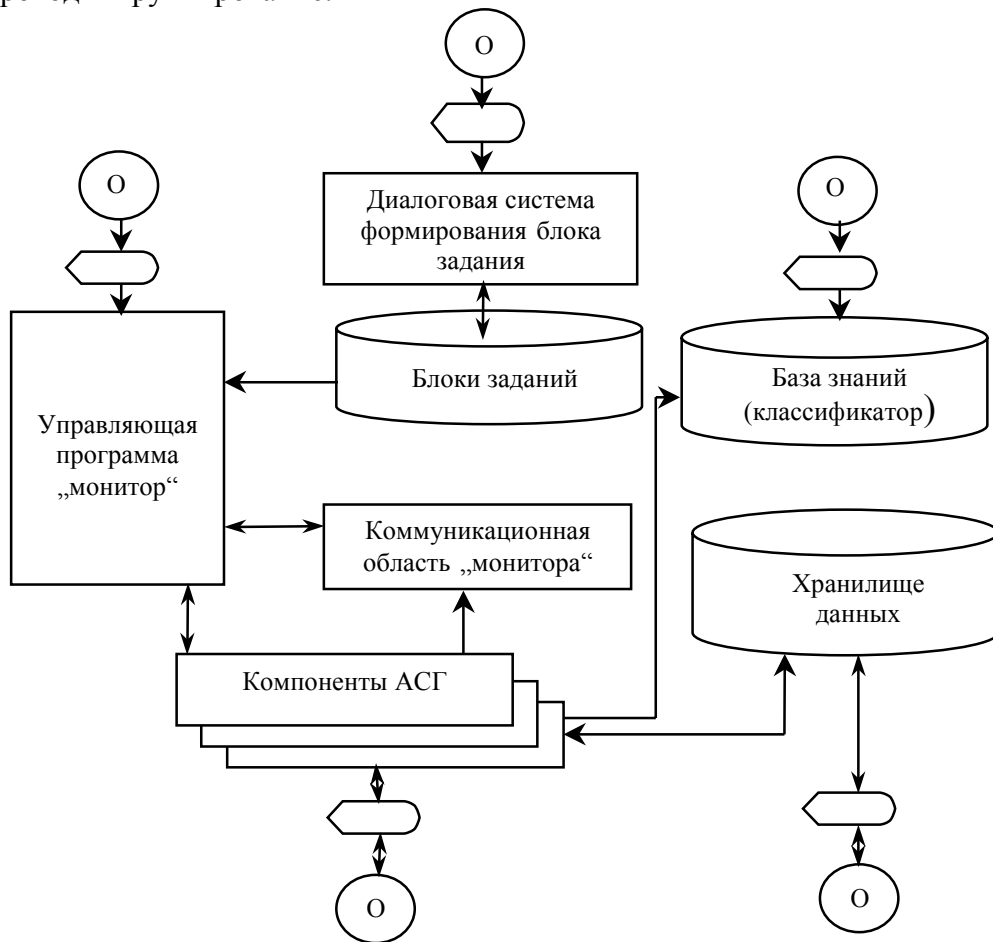


Рис. 1

В состав программного комплекса (рис. 2) в общем случае включаются компонент ввода оперативных данных, конвертор данных, компонент, решающий проблемную задачу, компонент ввода результата.

Рассмотрим назначение некоторых программных комплексов и компонентов.

Программный комплекс „Анализ производства“ необходим для выявления „узких мест“ в организации технической подготовки производства, определения уровня унификации и стандартизации сборочных узлов, деталей и элементов деталей, оценки технологичности конструкции и оценки производственной структуры. В литературе [1, 2] приведены основные показатели оценки и методы анализа, на основании которых планируется реорганизация технической подготовки. Данная работа выполняется алгоритмами $P_{ПС}$.

Программный комплекс „Анализ технологии изготовления изделий“. Применяемые технологии на предприятии определяются историей технологической подготовки на нем (например, используемые при формообразовании методы и способы изготовления, базирование заготовок и т.п.). Поэтому заимствование и стандартизация технологических процессов и технологического оснащения имеют большое значение для группирования ОП и проектирования групповых технологических процессов. Предлагаемые в литературе [2—5] методы заимствования и унификации технологии носят общий характер, а при автоматизации ограничиваются применением информационного поиска.

В АСГ реализуются алгоритмы P_T , которые учитывают особенности структуры технологических процессов. Во-первых, используется база данных „Технологические процессы“, в которой формируются записи, описывающие технологию изготовления деталей, сборочных узлов и изделий на всех уровнях декомпозиции: схема, маршрут, операция, установка, блочный переход, сложный переход, инструментальный переход, ход. Во-вторых, на каждом уровне декомпозиции технологических процессов строятся матрицы смежности, инцидентности и достижимости, что позволяет применить теоретико-множественные операции и операции над матрицами для определения наиболее приемлемого состава и последовательности элементов технологии изготовления ОП.

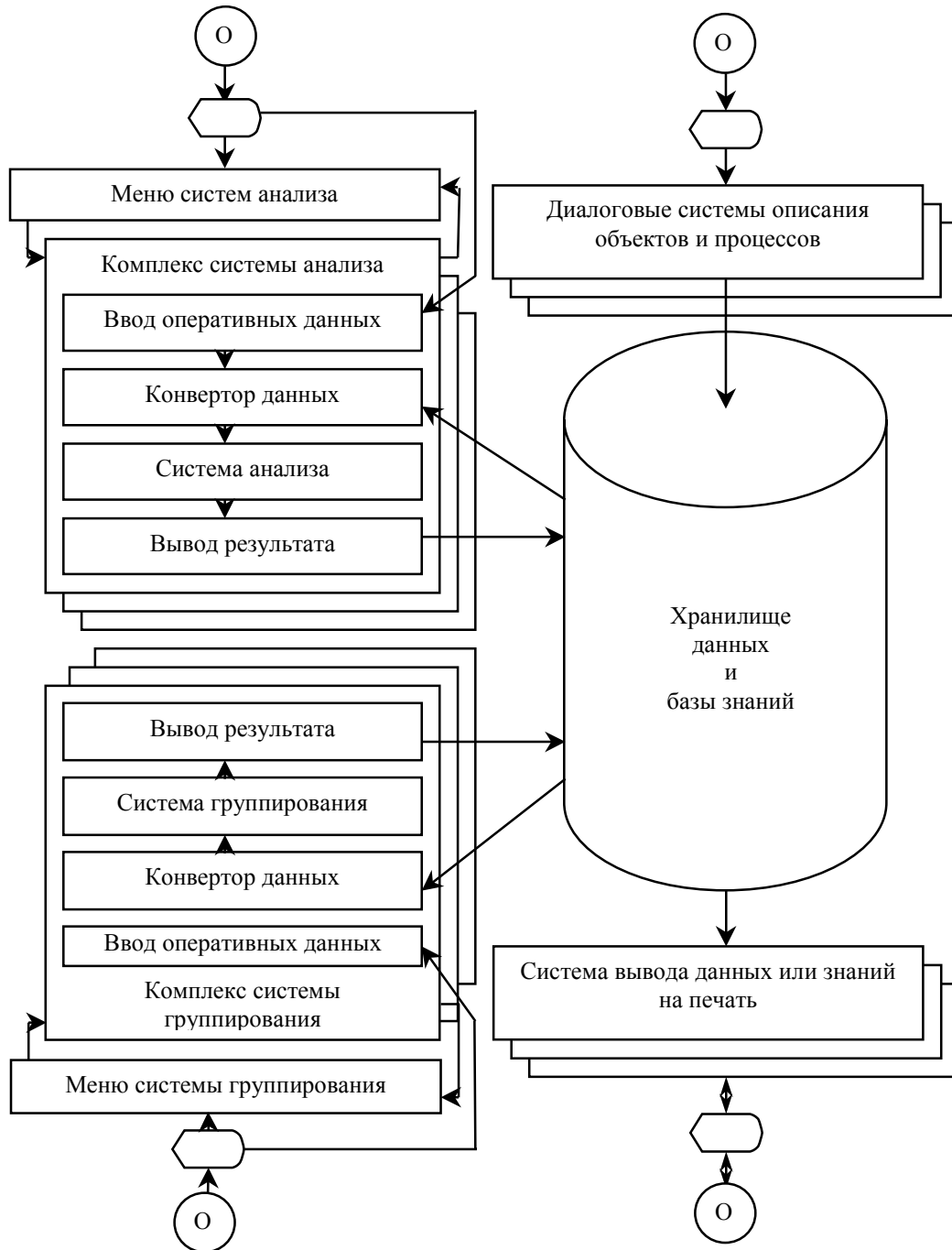


Рис. 2

Программный комплекс „Определение признакового пространства группирования ОП“. С помощью алгоритмов P_C решается задача определения признакового пространства, в котором выявляется технологическая общность ОП, т.е. это возможность изготовления ОП с при-

менением одинаковых методов, схем и способов базирования, режимов резания и т.д. Задача состоит в том, чтобы „спроецировать“ свойства технологии изготовления ОП на их свойства и тем самым определить зависимости применения элементов технологии от свойств ОП. Они представлены в аналитической [6, 7], алгоритмической или табличной формах.

Технологические свойства, которые определяются физическими свойствами методов и способов изготовления ОП, достаточно хорошо представлены в литературе. Технологические свойства, которые определяются структурой технологического процесса и технологического оснащения, представляются в алгоритмической форме и используются в САПР технологических процессов. Например, способы базирования, прямоочность технологических процессов, концентрация операции, последовательность расположения инструмента в силовой головке оборудования и т.д. В этом случае зависимости обычно имеют кусочно-непрерывный или дискретный характер, значения свойств требуют шкалирования, усложняется линеаризация зависимостей*. Поэтому в общем случае алгоритмы P_c выполняются по схеме:

- 1) определение состава признаков группирования ОП;
- 2) шкалирование и линеаризация каждого признака;
- 3) определение коэффициента влияния каждого признака на результат группирования.

Программный комплекс „Количественная оценка конструкторско-технологической общности ОП“ выполняется в АСГ в пространстве признаков, где каждый ОП представляется в виде точки. Алгоритмы P_{KO} определяют количественную оценку технологической общности ОП в этом пространстве и строят матрицу близости ОП. Предлагаются различные способы оценки близости, которые условно разобьем на линейные и нелинейные [6—9]. В АСГ технолог выбирает для группирования тот вариант определения общности, который он считает в данный момент эффективным. Выбор алгоритма осуществляется либо из списка возможных вариантов (по меню), либо заданием оригинальной процедуры на специальном языке.

Программный компонент „Порождение множеств“. В работе [4] проведен анализ методов группирования и отмечено следующее. Во-первых, метод построения классификационных рядов не дает качественных результатов. Эти методы рассчитаны на группирование вручную. Опытный технолог частично устраняет возникающие погрешности по составу и количеству групп.

Во-вторых, при автоматизированном группировании ОП целесообразно применять кластерный анализ [4, 5, 9]. Количество групп ОП обычно неизвестно. Но опытный технолог предприятия может относительно конкретных объектов (назовем их центрами группирования) задать в пространстве признаков область, в которой ОП гарантированно могут быть обработаны по единой технологии (область с минимальным радиусом), и область, в которой допустима обработка ОП по единой технологии (область с максимальным радиусом). Применяя эти понятия, можно ускорить не только процесс группирования, но и организовать эффективное влияние технолога на качество группирования. Данный метод описан в статье [9].

В-третьих, задача группирования разбивается на этапы, и на каждом этапе используется свой состав признаков и набор коэффициентов. Следовательно, система группирования строится как многоуровневая. Вначале процесс группирования реализуется в пространстве признаков, в котором группируются ОП по методам изготовления. Затем каждая из полученных группировок рассматривается в пространстве признаков, в котором группируются ОП по способам изготовления в пределах одного метода, далее — по структуре обработки поверхностей и т.д. На каждом этапе группирования может не только использоваться оригинальное пространство признаков, но и применяться оригинальный метод порождения множеств. Выбор методов группирования осуществляет технолог, решающий задачу. Каждому методу группирования соответствует свой программный компонент. Выбор программного компонента

* Состав и значимость признаков для разных методов и способов изготовления ОП различны.

выполняется по меню или с помощью правил, которые хранятся в базе данных. Технолог может эти правила пополнять и корректировать.

Программный компонент „Отбор решений“. В зависимости от постановки задачи группирования критерием качества решения задачи может быть выбран один из множества показателей: временной, стоимостной, коэффициент перекрытия групп, равномерность состава групп и т.д. Целесообразно на каждом этапе группирования применять свой критерий.

Заключение. Предлагаемая автоматизированная система группирования ОП является специализированным инструментом технологов предприятия, занятых решением задачи группирования ОП на своем производстве. Система является открытой для корректировки и пополнения правил группирования, представленных в виде списков алгоритмов, зависимостей и декларативном виде. Перспективным является развитие методов цветовой визуализации результатов группирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколовский А. П. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машгиз, 1955.
2. Митрофанов С. П. Научная организация машиностроительного производства. Л.: Машиностроение, 1976.
3. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства. Л.: Машиностроение, 1983.
4. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
5. Асбель В. О., Звоницкий А. Ю., Каминский В. Н. и др. Организационно-технологическое проектирование ГПС / Под общ. ред. С. П. Митрофанова. Л.: Машиностроение, 1986.
6. Основы кибернетики. Теория кибернетических систем / Под ред. К. А. Пупкова. М.: Высшая школа, 1976.
7. Загоруйко Н. Г. Методы распознавания и их применение. М.: Сов. радио, 1972.
8. Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В., Холод И. И. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. СПб: БХВ-Петербург, 2008.
9. Падун Б. С., Рождественская М. Г., Кольтяков А. В. Методы автоматизированного группирования деталей // Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов. 7-я сессия Междунар. науч. школы. СПб, 2005.

Сведения об авторах

Борис Степанович Падун

— канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения;
E-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru

Марина Геннадьевна Рождественская

— Политехнический колледж городского хозяйства, Санкт-Петербург; заместитель директора по учебной работе;
E-mail: marinarojd@mail.ru

Виктория Александровна Бажанова

— ООО „ТелекомСтрой“, Санкт-Петербург; помощник системного администратора; E-mail: v.bazhanova@gmail.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.

SUMMARY

P. 12—15.

ORGANIZATION OF TECHNOLOGICAL PREPRODUCTION IN DISTRIBUTED ENVIRONMENT

A method for optimization of technological preproduction at instrument-making enterprises is proposed. The method is based on application of multi-agent technologies for orders distribution in a virtual enterprise environment.

Keywords: technological preproduction, virtual enterprise, multi-agent technology, genetic algorithm.

Data on authors

- Eugeny I. Yablochnikov* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: ejj@mail.ifmo.ru
- Yulia N. Fomina* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology; Lecturer;
E-mail: yuli-fomina@yandex.ru
- Anna A. Salomatina* — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: Salomatina.Anna@gmail.com

P. 16—21.

TECHNOLOGY OF COMPUTER-BASED SYSTEM DESIGN FOR PREPRODUCTION

Basic principles are considered to be applied in technology of program complex development, design of algorithms and program components, organization of informational interaction of program complexes and components, and creation of schematic solution for technological tasks.

Keywords: technology of algorithm design, software, algorithmic module, program module, instrumental system.

Data on author

- Boris S. Padun* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology; E-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru

P. 21—25.

PROCESSING OF TEXT DOCUMENTS AND EVOLUTION OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS

Systems of text information processing are studied. Problems of text analysis in production processes are considered.

Keywords: unstructured data, Text Mining, text files, computer-aided systems.

Data on author

- Yulia E. Kotelnikova* — St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology; Lecturer; E-mail: jkt1977@mail.ru

P. 25—32.

COMPUTER-AIDED SYSTEM FOR CONTROL OVER TOOL PRODUCTION OF MODERN ENTERPRISE

Peculiarities are considered of organization of tool manufacturing at machine-building plant generally aimed at principle production support as well as external orders. A variant is proposed of integrated computer-aided system providing control over tool production and technological equipment design.

Keywords: tool production, virtual enterprise, expert system, technological equipment, production control.

Data on authors

- Boris S. Padun** — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru
- Alexey N. Andrianov** — St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology; Senior Lecturer;
E-mail: alan105@bk.ru
- Svetlana A. Gnezdilova** — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: gnesvetlana@yandex.ru

P. 33—38.

INTEGRATION OF MACHINING MODE CALCULATION MODULE WITH TECHNOLOGICAL PROCESS DESIGN SYSTEM

Problems are considered of integration of machining mode calculation module with sub-systems of computer-aided system for technological preproduction as well as with SMARTEAM PDM-system.

Keywords: machining mode calculation, computer-aided system, technological preproduction, technological process development, PDM-systems.

Data on authors

- Dmitry D. Kulikov** — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: ddkulikov@rambler.ru
- Philipp V. Kiselev** — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: philipp-kiselev@rambler.ru

P. 38—42.

USE OF FUZZY LOGIC METHODS IN COMPUTER-AIDED SYSTEMS FOR TECHNOLOGICAL PREPROCESSING

Main lines in application of fuzzy logic methods and fuzzy control to expert modules of computer-aided systems for technological preprocessing are considered. Examples of objects under control are given, and general algorithm of basic stages of fuzzy control process is described.

Keywords: fuzzy logic, instrument-making technology.

Data on authors

- Maxim Ya. Afanasiev** — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: ichiro.kodachi@gmail.com
- Alexander N. Filippov** — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: filippov_an@rambler.ru

P. 42—46.**OPERATIONAL WORKPIECE DESIGN WITH THE USE OF CAD-SYSTEM**

Methodology is presented of design of 3D operational workpiece models in CAD/CAM-systems. Peculiarities of workpiece design in Catia v5 and Pro/Engineer Wildfire 2.0 systems are described.

Keywords: CAD/CAM-systems, operational workpiece design, Pro/Engineer Wildfire 2.0, Catia v5.

Data on authors

- Dmitry D. Kulikov* — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: ddkulikov@rambler.ru
- Nikita A. Shuval-Sergeev* — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: nikich555@mail.ru

P. 47—50.**FORMATION OF KNOWLEDGE BASE FOR COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEM ON THE BASIS OF DATA BASES OF TECHNOLOGICAL PURPOSE**

Sources of information on technological processes and processing of the information at modern machine shop are analyzed. A methodology is proposed for knowledge base formation with the use of information taken from data base of technological purpose.

Keywords: computer-aided design system, data base, knowledge base, technological process development.

Data on author

- Vsevolod V. Bogdanov* — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: vsevolod.bogdanov@gmail.com

P. 51—54.**COMPREHENSIVE USE OF KNOWLEDGE BASES IN COMPUTER-AIDED SYSTEMS FOR TECHNOLOGICAL PREPROCESSING**

A method is proposed for representation of object-oriented model of knowledge domain in the frames of ontological formalism. The consideration is focused on knowledge categories used for development of ontological model of technological preprocessing. Variants of representation of the knowledge categories are proposed.

Keywords: knowledge base, ontology, technological preprocessing.

Data on authors

- Eugeny I. Yablochnikov* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: eij@mail.ifmo.ru
- Viktor I. Molochnik* — Cand. Techn. Sci.; Joint Enterprise “Bi Pitron” Corp., St. Petersburg; Deputy Director for Scientific Research; E-mail: vimol@bee-pitron.spb.su
- Anna A. Salomatina* — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: Salomatina.Anna@gmail.com

P. 54—59.

TECHNOLOGICAL MEANS RETRIEVAL SYSTEM AS A WEB-SERVICE

A method of realization of retrieval system of technological purpose as a web-service is presented. Highs and lows of the method are analyzed. Advantages of the approach as compared with direct access to data base server are considered.

Keywords: computer-aided system, technological preprocessing, development of technological process, web-service, client-server architecture.

Data on authors

- Dmitry D. Kulikov* — Dr. Techn. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: ddkulikov@rambler.ru
- Sergey V. Chertkov* — “Vector” Research Institute, St. Petersburg; Engineer;
E-mail: chertkov.s.a@gmail.com

P. 59—62.

CREATION OF DYNAMIC MODELS OF TECHNOLOGICAL DATA IN PYTHON LANGUAGE

A method of creation of data base model in super-high-level language Python is considered. The method is compared with classical ones.

Keywords: data base, instrument-making technology.

Data on authors

- Maxim Ya. Afanasiev* — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: ichiro.kodachi@gmail.com
- Alexander N. Filippov* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: filippov_an@rambler.ru

P. 63—67.

METHOD OF DEVELOPMENT OF GROUP TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR PROGRAMMED NUMERICAL CONTROL EQUIPMENT

A method of development of group technological processes is proposed. The method is based on application of CAM-system procedures and principles of fuzzy logic for formation of machine parts groups. Possibility of creation of templates combining CAM-system procedures for development of group control program is considered.

Keywords: group technological process, CAM-system.

Data on authors

- Eugeny I. Yablochnikov* — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: eij@mail.ifmo.ru
- Viktor I. Molochnik* — Cand. Techn. Sci.; Joint Enterprise “Bi Pitron” Corp., St. Petersburg; Deputy Director for Scientific Research; E-mail: vimol@bee-pitron.spb.su
- Vladimir S. Guselnikov* — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: guselnikov@rambler.ru

P. 67—71.**AUTOMATION OF CONTROL PROGRAMS DESIGN**

Basic criteria for design of control systems for programmed numerical control equipment are formulated. Application of verification systems in control system design is described.

Keywords: programmed numerical control equipment, control program, high-speed processing, CAD/CAM-systems, control program verification.

Data on authors

- Vladimir V. Averin** — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: aver84@mail.ru
- Vladimir S. Guselnikov** — Post-Graduate Student; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: guselnikov@rambler.ru

P. 71—76.**COMPUTER-AIDED SYSTEM FOR GROUPING OF PRODUCTION OBJECTS**

A computer-aided system is considered which integrates solutions to problems of unification, standardization, and grouping of production objects. The system composition and control structure are presented, approach to organization of program components is described.

Keywords: technological process, grouping of production objects, computer-aided system.

Data on authors

- Boris S. Padun** — Cand. Techn. Sci.; St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Department of Instrument-Making Technology;
E-mail: bsp.tps.ifmo@mail.ru
- Marina G. Rozhdestvenskaya** — Polytechnic College of Municipal Services, St. Petersburg; Deputy Director for Teaching E-mail: marinarojd@mail.ru
- Victoria A. Bazhanova** — TelecomStroy Ltd., St. Petersburg; Deputy System Administrator;
E-mail: v.bazhanova@gmail.com