ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

PROCEEDING OF THE KABARDINO-BALKARIAN STATE UNIVERSITY

ТОМ II, № 4, 2012

Учредитель: Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова (КБГУ)

Главный редактор **Б.С. КАРАМУРЗОВ**
Первый зам. главного редактора **А.П. САВИНЦЕВ**
Зам. главного редактора **С.К. БАШИЕВА**
Зам. главного редактора **Х.Б. ХОКОНОВ**
Зам. главного редактора **А.А. ШЕБЗУХОВ**
Зам. главного редактора **Г.Б. ШУСТОВ**
Зам. главного редактора **М.М. ЯХУТЛОВ**
Ответственный секретарь **М.Ч. ШОГЕНОВА**

Редакционная коллегия

Волков Ю.Г., Гуфан Ю.М., Дзамихов К.Ф., Карлик А.Е., Матузов Н.И., Радченко В.П., Радченко О.А., Рубаков В.А., Фельдштейн Д.И., Фортов В.Е., Хавинсон В.Ц., Хохлов А.Р., Хуснутдинова Э.К., Гукепшоков М.Х., Жамбекова Р.Л., Кетенчиев Х.А., Кочесоков Р.Х., Мизиев И.А., Шхануков-Лафишев М.Х.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-44485 от 31.03.2011 г.
Подписной индекс в Каталоге «Пресса России» 43720.
Журнал включен в Перечень российских рецензируемых журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.
Доступ к рефератам статей журнала осуществляется на сайте научной электронной библиотеки «eLIBRARY.RU» (http://elibrary.ru).

ISSN 2221-7789

Адрес редакции: Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

Телефоны: (88662) 722313
E-mail: rio@kbsu.ru, http://izvestia.kbsu.ru

© Авторы, 2012
© Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова, 2012

Founder: Kabardino-Balkarian State University of H.M. Berbekov (KBSU)

Editor in chief **B.S. KARAMURZOV**
The 1st Deputy Editor **A.P. SAVINTSEV**
Deputy Editor **S.K. BASHIEVA**
Deputy Editor **H.B. KHOKONOV**
Deputy Editor **A.A. SHEBZUHOV**
Deputy Editor **G.B. SHUSTOV**
Deputy Editor **M.M. YAHUTLOV**
Executive sekretary **M.Ch. SHOGENOVA**

Editorial board

Volkov Yu.G., Gufan Yu.M., Dzamikhov K.F., Karlik A.E., Matuzov N.I., Radchenko O.A., Radchenko V.P., Rubakov V.A., Feldshtein D.I., Fortov V.E., Khavinson V.Ts., Hohlov A.R., Khusnutdinova E.K., Gukepshokov M.Kh., Zhambekova R.L., Ketenchiev Kh.A., Kochesokov R.Kh., Miziev I.A., Shkhanukov-Lafishev M.Kh.

Registration certificate PI № FS 77-44485 from 31.03.2011
Subscription index in the catalog «Russian Press» 43720
Access to abstracts of articles of the magazine is carried out on the Scientific Electronic Library Online «eLIBRARY.RU» (http://elibrary.ru).

ISSN 2221-7789

Editorial address: Kabardino-Balkarian State University of H.M. Berbekov, 360004, Nalchik, Chernyshevsky st. 173

Phone number: (88662)722313
E-mail: rio@kbsu.ru , http://izvestia.kbsu.ru

© Authors, 2012
© Kabardino-Balkarian State University
of H.M. Berbekov, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Шептунов С.А. Конструкторско-технологическая информатика – научный фундамент модернизации России 6

Соломенцев Ю.М. Моделирование технологической среды производительных систем …….. 9

Артемов И.И., Дьячков Ю.А. Метод формирования свойств технических систем в средах автоматизированного проектирования и управления производством ……..….. 13

Куликов М.Ю., Рыгин Р.Е. Достижение высокой точности при хонинговании отверстий в труднообрабатываемых сплавах комплексным способом …….. 16

Аверченков А.В., Терехов М.В., Филиппова Л.Б. Решение задач автоматизации ТПП предприятий в региональных инновационных центрах при университетах, созданных при поддержке Института конструкторско-технологической информатики РАН …….. 18

Аверченков А.В., Симуни А.Е. Применение кинематической стратегии обработки при автоматизации разработки управляющих программ многофункциональных станков с ЧПУ…… 21

Бекмешов А.Ю., Колесникова Е.М. Конструкторско-технологическая параметризация в решении задач автоматизированного проектирования …… 24

Егорова О.С. Вопросы управления экологической безопасностью промышленных предприятий на основе автоматизированной системы обработки данных …… 26

Батыров У.Д., Яхутлов М.М. Модернизация инженерного образования – важнейшее условие перехода машиностроения на инновационные технологии …… 29

Яхутлов М.М., Карамурзов Б.С., Батыров У.Д., Карданова М.Р. Особенности математического моделирования алмазных инструментов …….. 32

Тлибеков А.Х., Лю Цзои, Досько С.И. Многокритериальные и мультимодальные задачи оптимизации при проектировании …… 36

Куликов М.Ю., Флоров А.В., Сан Маун. Разработка математической модели тепловых полей и тепловых деформаций в материале при резании …… 40

Евдокимов С.А., Краснов А.А. Параметрические прототипы чертежей и 3D-моделей …… 43

Реут М.В., Рыбаков А.В., Шурпо А.Н. Использование метода критической цепи при управлении проектом автоматизации и интеграции предприятия ……. 47

Большаков О.А., Рыбаков А.В., Шурпо А.Н. Применение технологии автоматного программирования для задач логического управления на ПЛК Siemens ……. 51

Балкаров Б.Б., Шахбазов М.Дж. Оценка состояний техногенных систем с помощью анализа их графов …… 55

Хакулов В.А., Хакулов В.В., Сыцевич Н.Ф., Ксенофонтов А.С., Ткаченко Л.А. Аппаратно-программный комплекс формирования потока руды по крупности …….. 59

Кравцов С.В. Применение имитационного моделирования в качестве инструмента управления производственной мощностью технологического комплекса ……..……..... 63

Алимурадов А.К., Тычков А.Ю. Интеллектуальная обработка речевых сигналов в системах автоматического управления ……..……..…… 66

Никулин С.В. Повышение качества регулирования веса бумажного полотна на бумагоделательной машине 68

Соломенцев Ю.М., Шептунов С.А., Кабак И.С., Суханова Н.В. Повышение быстродействия суперкомпьютера за счет оптимизации информационного межпроцессорного трафика ……..…… 71

Кабак И.С., Суханова Н.В. О моделировании и оценке надежности сложных программных комплексов 74

Кабак И.С., Суханова Н.В., Гаделев А.М. Применение нейронных сетей при диагностике состояния режущего инструмента ……..…… 77

Кабак И.С., Суханова Н.В., Гейдаров Э. Оценка защищенности программного обеспечения с помощью интеллектуальных методов ……..……..……. 80

Бубликов Ю.И., Верещака А.А., Верещака А.С. Нанодисперсные многослойно-композиционные покрытия для режущих инструментов …….. 84

Карлова Т.В., Кузнецова Н.М. Автоматизированная система разграничения доступа к конфиденциальной информации с модулем контроля на основе усовершенствованного криптоаналитического метода «грубой силы» ……. 90

Карлова Т.В., Бекмешов А.Ю., Егорова О.С., Запольская А.Н. Социодинамический анализ подготовки профессионального ресурса наукоёмких производств ……. 93

Запольская А.Н. Влияние инфокоммуникаций на коммерциализацию научно-технических разработок ……. 97

Шептунов С.А. Конструкторско-технологическая информатика как эффективный инструмент для развития роботохирургии …… 101

Батыров У.Д., Атаев П.Л., Хапачев Б.С. Надежность технологических процессов – важный показатель качества продукции машиностроения ……..…….. 105

Исламова О.В. Колебания тяжёлой струны при вынужденных возмущениях от поперечной нагрузки ……. 110

Авторский указатель Т. II. ……...…… 114

Требования к оформлению научной статьи, представляемой в журнал «Известия Кабардино-Балкарского государственного университета» ……..…….. 124

CONTENTS

Sheptunov S.A. The technological design science is scientific basis of the modernization of Russia …… 6
Solomentsev Y.M. Simulation technology environment production systems ……. 9
Artemov I.I., Dyachkov Y.A. Forming method of properties for technical systems in the media aided design and management …… 131
Kulikov M.Y., Rigin R.E. Achieves of high accuracy for honing holes in hard working allows by integrated way ……. 16
Averchenkov A.V., Terekhov M.V., Filippova L.B. Automation solution production tooling enterprises in the regional innovation center at universities established with the support ikti RAS …… 18
Averchenkov A.V., Simuni A.E. Application kinematic processing strategy in the automation of design of control programs multifunctional machine CNC …….. 21
Bekmeshov A.Y., Kolesnikova E.M. Engineering – design parameterization for automated computer-aided design problems ……... 24
Egorova O.S. Environmental safety management issues based on the automated system of data analysis … 26
Batyrov U.D., Yahutlov M.M. Engineering education modernization IS the most important condition mechanical engineering transition to innovation techniques …….……..... 29
Yahutlov M.M., Karamurzov B.S., Batyrov U.D., Kardanova M.R. Features of diamond tooling mathematical modeling …… 32
Tlibekov A.H., Lu Tsoyi, Dos'ko S.I. Multi-criteria and multi-modal optimization problems in the design technologies …… 36
Kulikov M.U., Florov A.V., San Maun. Development of the mathematical model of thermal fields and temperature – inducted deformations in material during cutting ……... 40
Evdokimov S.A., Krasnov A.A. Parametric prototype drawings and 3D-models …….. 43
Reut M.V., Rybakov A.V., Shurpo A.N. Management of the project of automation and integration of the enterprise for a method of a critical chain …….. 47
Bolshakov O.A., Rybakov A.V., Shurpo A.N. The usage of automate-based programming technology for problems of logic management on Siemens PLC ……. 51
Balkarov B.B., Shahbazov M.Dzh. Evaluation of conditions of anthropogenic systems with the help of the analysis of their graphes …… 55
Hakulov V.A., Hakulov V.V., Sytsevich N.F., Ksenofontov A.S., Tkachenko L.A. Hardware-software complex of formation of a stream of ore on the size ……. 59
Kravtsov S.V. Use of simulation modeling as an instrument to manage technological complex production capacity …….. 63
Alimuradov A.K., Tychkov A.Y. Speech signal processing method based on the decomposition and energy estimation empirical mode and the Hilbert-Huang transform ……..……. 66
Nikulin S.V. Improving the quality of regulation weight paper web on a paper machine ……..…….. 68
Solomentsev U.M., Sheptunov S.A., Kabak I.S., Sukhanova N.V. Increase of speed of a supercomputer at the expense of optimization of the information interprocessor traffic ……... 71
Kabak I.S., Sukhanova N.V. About reliability simulating of complex software …… 74
Kabak I.S., Suhanova N.V., Gadelev A.M. The use of artificial neural networks in the diagnosis of cutting tools ……..… 77
Kabak I.S., Sukhanova N.V., Geidarov I. Security assessment software with intelligent methods …….. 80
Bublikov Y.I., Vereshaka A.A., Vereshaka A.S. Nanodispersed multilayer-composite coatings for cutting tools 84
Karlova T.V., Kuznetsova N.M. The automated system of access to confidential information with the control module based on advanced cryptanalytic «brute force» ……..……. 90
Karlova T.V., Bekmeshov A.Y., Egorova O.S., Zapolskaya A.N. Sociodynamic analysis of professional training resource high-tech industries …… 93
Zapolskaya A.N. Infocommunication's impact on the commersialization on the researches and development …….. 97
Sheptunov S.A. Technological design informatics as an effective tool of the development of robot surgery 101
Batirov U.D., Ataev P.L., Hapachev B.S. The reliability of technological processes is an important indicator of the quality of machine building products …… 105
Islamova O.V. The fluctuations of the heavy strings with the forced vibrations of a transverse load …… 110
Author's index T. II. ……...…… 114
The demand to the design of the scientific article, represented in the magazine «Proceeding of the Kabardino-Balkarian State University» …… 124

В настоящем номере журнала представлены материалы 1-й международной конференции конструкторско-технологической информатики, проведенной в Москве в конце 2012 года.

Основным инициатором и организатором проведения первой международной конференции конструкторско-технологической информатики является Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук, основанный в 1991 году членом-корреспондентом РАН **Соломенцевым Юрием Михайловичем**.

Результатом многолетней плодотворной научно-исследовательской и организационной работы Юрия Михайловича явилось создание научных школ по принципиально новым направлениям в области информатики: конструкторско-технологическая информатика; оптимизация технологической среды с учетом функциональной интеграции этапов жизненного цикла изделия при использовании CALS (ИПИ)-технологий. Постоянно выступая за реализацию идеи интеграции науки и образования, более двадцати лет назад Юрий Михайлович и создал Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук, который успешно функционирует и развивается по настоящее время.

Соломенцев Юрий Михайлович является лауреатом премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, заслуженным деятелем науки Российской Федерации и почетным работником высшего образования России, имеет множество правительственных наград. В настоящее время, будучи не только научным руководителем Института, но и Советником РАН, он активно участвует в общественной научной жизни Российской академии наук.

Организационный комитет конференции и руководство института считает своим долгом выразить благодарность Юрию Михайловичу и отметить его огромный вклад в становление и развитие как направления конструкторско-технологической информатики в целом, так и института в частности.

Зам. председателя организационного комитета конференции,
директор Института конструкторско-технологической информатики РАН

доктор технических наук, профессор С.А. Шептунов

УДК 608.001

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА – НАУЧНЫЙ ФУНДАМЕНТ МОДЕРНИЗАЦИИ РОССИИ

Шептунов С.А.

Институт конструкторско-технологической информатики РАН

ship@ikti.ru

В статье рассмотрены причины неудач модернизации предприятий, отраслей и экономики в целом. На основе системного подхода конструкторско-технологической информатики предложен новый ракурс на анализ проблем и решение ключевых задач модернизации.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая информатика, модернизация, технологическая среда предприятия, технологический потенциал, технологический предел.

THE TECHNOLOGICAL DESIGN SCIENCE IS SCIENTIFIC BASIS OF THE MODERNIZATION OF RUSSIA

Sheptunov S.A.

Institute of Design-technological informatics of RAS

The article describes the reasons for the failures of modernization of enterprises, industries and the economy as a whole. Through a systematic approach of design and technological science there is offered a new perspective on the analysis of the problems and address the key challenges of modernization.

Keywords: design and technological science, modernization, technological environment enterprise, technological capabilities, technological limit.

В последнее десятилетие руководство России политически анонсирует и финансово стимулирует две связанные тенденции развития страны, а именно – опережающее развитие несырьевого сектора и «модернизацию» как отраслей экономики в целом, так и отдельных предприятий. (При внешней броскости, доходчивости и побуждающем начале данное явление, при корректном и скрупулезном его использовании, значительно сокращает задачи, которые на самом деле имеет в виду высшее руководство. Ставится амбициозная задача создания в стране промышленности мирового уровня, а этого только модернизацией старого не всегда возможно добиться. По этой причине в дальнейшем определение «модернизация» взято в кавычки, поскольку несет большее, расширенное для себя содержание – создание обновленного, лидирующего на мировом уровне производства).

В настоящее время Правительство уже проделало значительный объем работы, результатом которой являются хотя и немногочисленные, но уже оснащенные новым оборудованием предприятия в различных отраслях. В то же время достижения более важного результата – создания условий самогенерации и необратимости процесса «модернизации» – ни на одном уровне пока не случилось, в связи с чем нужны все новые и новые проявления высшей политической воли и все более серьезные бюджетные инвестиции в поиске эффективных путей ее исполнения [1]. Если сегодня не переломить ситуацию, то завтра такое положение дел может привести к формированию внешне красивых, но «застрявших» на половине пути малоэффективных, поглощающих бюджетные средства предприятий и даже целых отраслей.

Наиболее значимой, глубинной причиной сложившихся обстоятельств в России является отсутствие необходимых и достаточных условий для технологической революции, в которой остро сейчас нуждается страна. «Верхи», понимая это, уже начали стимуляцию такой революции, но «низы», внешне принимая ее блага, объяснимо боязливы, часто не видят для себя перспектив и фактически, в большинстве своем, не желают системных изменений.

Вторая существенная причина состоит в отсутствии у Правительства и всех участников Программы достаточной и актуальной системы знаний о процессах «модернизации». Это вполне объяснимо, поскольку знания не могут возникнуть как следствие Постановлений и Указов: они или должны были быть подготовлены, в том числе на базе прежнего опыта (а его просто не было), или должны были быть заимствованы, что непросто сделать, поскольку такие знания – внутреннее технологическое устройство, «святая святых» любой успешной фирмы. Следствием такой ситуации явилась недостаточная методологическая база для поддержки «революционной модернизации» – и, в итоге, некорректные цели, ошибочные инструменты и неоправданно минимальный, а зачастую и отрицательный результат [2].

Для сохранения заданных Правительством темпов «модернизации» и обеспечения ее нарастания и необратимости необходимо снятие перечисленных ключевых проблем. Прежде всего необходимо признать отсутствие

методологической базы «модернизации» должного качества, отсутствие формирующих и реализующих ее институтов, а также комплекса мер для ее скорейшего создания [3]. При этом известны только два способа:

- методологическое обобщение неоправданно дорогого, недопустимо долгого и специфического опыта отдельных предприятий;
- разработка фундаментально обобщенной, научно-практической, пилотно отработанной многоуровневой системы знаний, имеющей своим ядром корректно сформированную Правительственную доктрину развития промышленности.

Только второй способ может обеспечить заданный темп опережающего развития промышленности России и создать платформу для поступательного и безусловного обеспечения мирового технологического уровня страны.

Высокое качество и всеобъемлющая реализация выбранного способа могут быть достигнуты только при наличии фундаментальных и методологических знаний о закономерностях построения «правильных» и, что не менее важно, уместно примененных технологий.

Каждое предприятие имеет технологические ресурсы, которые создают в совокупности **технологическую среду предприятия.** На тех же принципах формируется технологическая среда отрасли и всей страны.

Основополагающей задачей «модернизации» является создание конкурентоспособной **технологической среды (ТС) предприятия (отрасли, страны)** [4]. Именно она (ТС), и только потом продукция при интеграции в мировую экономику обеспечивает эффективность, конкурентоспособность, стабильность и потенциал предприятий и отраслей. Последнее позволяет заявить, что базовый инструмент «модернизации» – это Методология создания технологической среды предприятия, отрасли, экономики страны в целом.

Конструкторско-технологическая информатика – одна из немногих, а может быть, и единственная в России научная школа с 25-летней историей, фундаментально изучающая закономерности построения эффективной технологической среды. Конструкторско-технологическая информатика является методологически интегрирующей платформой для многих направлений исследований в области машиностроения и в силу этого объединяет большое количество ученых в стране.

Накоплен и апробирован на практике достаточный объем знаний, который уже сегодня дает возможность для обоснованного и ответственного решения задач по формированию в стране конкурентоспособных, высокотехнологичных производств на мировом уровне.

Четко сформированная в конструкторско-технологической информатике система взглядов позволяет конструктивно анализировать ситуации, складывающиеся в «модернизации», а также выявлять ключевые проблемы и предлагать их решение.

1. Первоначально необходимо определиться с целями.

Нельзя ставить целью модернизацию всего и вся и объединение на базе технологических платформ; нельзя ставить целью быстрое внедрение за бюджетный счет зарубежных веяний, порой непроверенных и неприменимых в наших условиях.

Важнейшей, а может быть, и единственной целью в стране должно стать создание технологического потенциала (на первой фазе в виде технологических островков), превосходящего мировой уровень. Только наличие такого потенциала позволит стране конкурировать с другими странами, безболезненно и с выгодой работать в составе ВТО. Страна конкурирует в первую очередь технологическим, и только потом продуктовым потенциалом.

2. Необходима строго выверенная система взвешивания (специальный ракурс) целесообразного технологического потенциала.

На сегодня такая система еще не создана, а есть только разрозненные, порой «местечковые» правила оценки. Назвать их универсальными и тем более эффективными сложно.

3. Эффективный инструмент для обоснования, оценки, проектирования и реализации проектов формирования технологического потенциала.

Необходим эффективный инструментарий, имеющий в своей основе фундаментальные технологические знания, методологии и методики. На сегодня такой инструментарий не создан.

4. Организация деятельности по формированию технологического потенциала страны.

Необходимо создание при Правительстве России Центра (Института), являющегося «камертоном» развития технологического потенциала страны, хранителем «эталонного» ракурса на задачи технического перевооружения и модернизации, формирующего долгосрочные цели и стратегии их достижения, гармонизируя их и тем самым обеспечивая эффективное поступательное развитие технологического потенциала страны.

5. Решение проблемы подготовки всего спектра кадровых ресурсов (на сегодня задача даже не поставлена) на новой образовательной платформе, лишенной недостатков традиционного образования и не находящейся в зависимости от университетов, имеющих уже состарившиеся успехи в отдельных областях технологической науки.

Библиография

1. Выступление Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Путина на видеоконференции по программам модернизации на 2011–2012 годы.

2. Галкин А. Есть идеи! Как преобразовать Россию [Новые глобальные вызовы и инновационные ответы, или что следует понимать под модернизацией России: цели и задачи] // Информационно-аналитический журнал «Политическое образование». – М., 2010.

3. Аринин А. Совершенствование политической системы как условие модернизации России. – М., 2010.

4. Шептунов С.А. Жизненный цикл продукции. – М.: Машиностроение, 2003. – 244 с.

УДК 681.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Соломенцев Ю.М.

Институт конструкторско-технологической информатики РАН

ship@ikti.ru

Изложена иерархическая система структурного моделирования жизненного цикла сложных объектов машиностроения на основе методологии конструкторско-технологической информатики.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая информатика, технологическая среда, жизненный цикл изделия, метасистема, реляционная модель, структурные связи, машиностроение.

SIMULATION TECHNOLOGY ENVIRONMENT PRODUCTION SYSTEMS

Solomentsev Y.M.

Institute of Design-technological informatics of RAS

In the article is presented a hierarchy system for structural modeling of the life cycle of complex objects of mechanical engineering based on the methodology of design and technological informatics.

Keywords: design and technological informatics, technological environment, product lifecycle, metasystem, relational model, structured communications, mechanical engineering.

Принятие решения о вступлении в конкурентную борьбу на рынке существующих товаров или о выходе на рынок с новым товаром требует тщательного предварительного анализа и прогнозирования последствий принимаемого решения. При этом необходимо анализировать фактическое содержание и ресурсное обеспечение всех стадий и этапов жизненного цикла предлагаемого к производству товара во взаимосвязи с другими аспектами удовлетворения потребностей человека или общества. Особенно сложна структура связей в технологической среде машиностроения, определяющей методы и средства, обеспечивающие производство конкурентоспособного продукта в условиях рынка [1]. Технологическая среда включает совокупность современных технологий производства и средств оснащения (оборудования, формообразующего и другого инструмента, различных приспособлений и т.д.), систем контроля и управления всех уровней, программно-аппаратных комплексов на всех этапах производства, обеспечивающих получение конкурентоспособного продукта.

Безусловные конкурентные преимущества могут быть получены только при использовании инновационных технических решений, качественно улучшающих потребительские свойства изделия или свойства производительной системы. В этом случае структура информационных и материальных потоков производительной системы существенно усложняется, поскольку новые решения, касающиеся изделия или какого-либо этапа жизненного цикла, могут влиять на содержание других, в том числе предшествующих, этапов жизненного цикла изделия. Так, в производственной системе машиностроения использование инновационных конструктивно-технологических и организационных решений может вызвать потребность глубинного изменения структуры всего машиностроительного производства.

Структура технологической среды на примере станкостроения приведена на рис. 1.

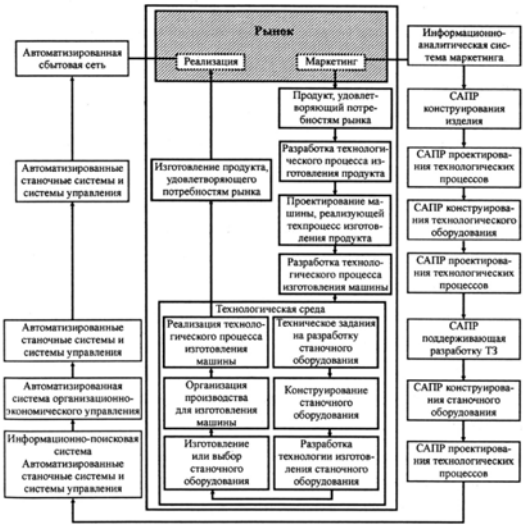


Рис. 1. Жизненный цикл изделия и его компьютерное сопровождение

Для производства изделия ***А*** с новыми конструктивно-технологическими свойствами могут потребоваться новые технологии и средства оснащения производства. Структурная схема технологической среды машиностроительного производства при использовании новых средств оснащения приведена на рис. 2. Применяемые в процессе производства материальные ресурсы (металлы, неметаллические материалы, полуфабрикаты и т.д.), а также энергетические и финансовые ресурсы на этой схеме не показаны. Если при применении известных методов и средств производства изделия ***А*** в производительной системе ***P(A)*** используются только существующие средства оснащения $\boldsymbol{П^0}$, то при применении новых конструктивно-технологических решений могут потребоваться новые, не существовавшие ранее средства оснащения $\boldsymbol{П^I}$, которые должны быть спроектированы и изготовлены до начала производства изделия ***А***. Если для изготовления $\boldsymbol{П^I}$ требуются новые, не существовавшие ранее средства оснащения $\boldsymbol{П^{II}}$, то они должны быть созданы до начала изготовления $\boldsymbol{П^I}$ и т.д. Свойства элементов структурной схемы (рис. 2) также могут быть описаны вербально или в реляционной модели.

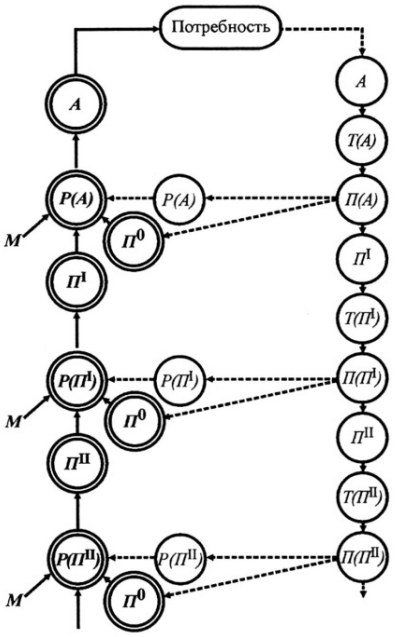


Рис. 2. Структурная схема машиностроительного производства: *А* – изделие; *Т* – технология; *П* – средства оснащения производства; *Р* – информационный объект; *А, Т, П, Р* – информационные объекты; *А, П, Р* – материальные объекты; *М* – материальные ресурсы производительной системы

Необходимость создания новых средств оснащения первого, второго и последующих порядков существенно удлиняет сроки и увеличивает затраты на подготовку производства, повышая стоимость нового изделия и отодвигая сроки его выхода на рынок. Но именно новые конструктивно-технологические решения могут обеспечить новые качества и бесспорные конкурентные преимущества создаваемого изделия.

Для полного анализа материальных, стоимостных и временных затрат при определении конкурентоспособности проектируемого изделия необходим учет влияния всех других участников реализации жизненного цикла изделия. В условиях глобализации связей эти участники могут находиться в различных странах. Предприятия, взаимосвязанные по видам производимой товарной продукции, образуют единую *метасистему*, в которой эффективность производительной деятельности любого участника зависит от взаимодействия с другими.

Для прогнозирования и оптимизации производительной деятельности при решении упомянутых выше задач и проблем в рамках отдельных предприятий и в рамках определенной метасистемы необходимы методы математического моделирования, обеспечивающие построение взаимосвязанных моделей разнородных объектов и процессов с их свойствами на разных этапах жизненного цикла.

Моделирование структуры связей между элементами производительных систем в метасистеме возможно средствами теории множеств, графов и гиперграфов. При этом, как и при моделировании производительной системы, используемый аппарат теории графов и гиперграфов не содержит средств описания свойств и смыслового содержания функций, отображаемых вершинами и их связями в графе или гиперграфе (эта информация дополнительно вводится вербальным описанием компонентов модели). Так, на рис. 3 показан гиперграф информационной структуры части метасистемы машиностроительного производства, включающей производительные системы производства и эксплуатации изделия, а также системы производства материалов и утилизации отходов производства. Состав гиперграфа также не содержит данных о свойствах элементов систем, входящих в ребра гиперграфа, и о свойствах самой метасистемы. Данные об этих свойствах представляются в вербальном описании модели; эти же данные могут быть представлены и в реляционной модели, где компоненты метасистемы будут обозначены как сущности, а их свойства – как атрибуты.

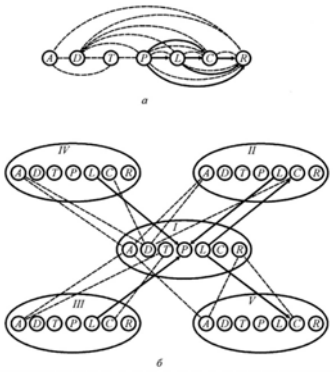


Рис. 3. Структура метасистемы машиностроительного производства: а) граф этапов жизненного цикла изделия, б) гиперграф метасистемы: *I* – система производства изделия; *II* – система эксплуатации изделия; *III* – система производства средств оснащения; *IV* – система производства материалов; *V* – система утилизации отходов производства

В методиках создания и управления техническими проектами широко используются экспертные методы поддержки принятия решений. Одним из таких методов является экспертная оценка состояния технического уровня производства по показателям, нормативные значения которых установлены экспертным путем. Существенно большими возможностями обладает метод вербального анализа решений [2], учитывающего возможности человека по переработке информации при решении сложных проблем, которые описываются качественными факторами. При этом состав и значения факторов также устанавливаются экспертным путем.

Эффективная производственная деятельность в условиях рынка основана на концепции маркетинга. Анализ производственной системы с учетом задач маркетинга требует содержательного мониторинга планируемых и принимаемых решений.

Производственные возможности предприятия характеризуют два качественно различных показателя:

– физическая возможность реализации требуемых процессов производства изделия без учета ресурсных ограничений;

– достаточность материальных, энергетических, информационных, трудовых и финансовых ресурсов при физической возможности производства изделия.

Методы моделирования изделия и производственной системы средствами реляционной алгебры при решении указанных задач менее эффективны из-за сложности представления вариантов свойств элементов в реляционных моделях изделия и длительной обработки больших объемов вербальной информации в реляционных базах данных.

Анализ целесообразности производства изделия на определенном конкретном предприятии осуществляется с более детальным учетом его структуры по алгоритму (рис. 4). Отличие этого алгоритма от других заключается в том, что при построении структурной модели конкретного предприятия более подробно рассматриваются как особенности конструкции планируемого к запуску в производство изделия, так и особенности самого предприятия. При этом особо выделяются этапы анализа средств оснащения производства, а также схем конструктивного и технологического членения изделия [3, 4].

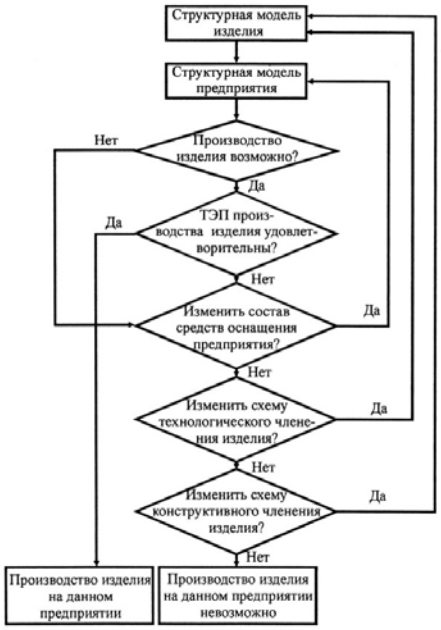


Рис. 4. Анализ целесообразности производства изделия на данном определенном предприятии

Структурные модели изделия и предприятия в этом случае могут представляться как реляционные модели, соответствующие международным стандартам, однако существуют указанные выше проблемы организации обмена данными между моделями одной и той же производительной системы, представленной с разной степенью детализации. По смысловому содержанию состав данных в реляционных моделях соответствует описанию единичных понятий.

Наглядность и простота представления атрибутов сущности являются несомненными достоинствами реляционных моделей данных. Недостатком этих моделей является невозможность отображения влияния разнородных атрибутов из разных доменов на существование определенного атрибута в другом домене модели. Этот недостаток особенно проявляется при анализе возможных вариантов проектных решений в подготовке производства сложных изделий машиностроения, где реализация важных свойств изделия или производительной системы часто определяется существованием разнородных свойств определенных элементов.

Библиография

1. Соломенцев Ю.М., Павлов В.В. Моделирование технологической среды машиностроения. – М.: Станкин, 1994. – 104 с.

2. Ларичев О.И. Композиционное проектирование сложных агрегативных систем. – М.: Радио и связь, 1986. – 392 с.

3. Павлов В.В. CALS-технологии в машиностроении (математические модели). – М.: Станкин, 2002. – 328 с.

4. Павлов В.В. Структурное моделирование в CALS-технологиях. – М.: Наука, 2006. – 307 с.

УДК 681.5; 629.33

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СРЕДАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Артемов И.И., Дьячков Ю.А.

Пензенский государственный университет

pnz-transmash@yandex.ru

Рассмотрена проблема автоматизации поиска оптимальных параметров упругих элементов подвески автотранспортного средства в условиях многих критериев и высокой размерности пространства поиска. Сформирован инструментарий поиска, включающий: аппарат автоматизированного формирования планов численного эксперимента, построения полиномиальной модели исследуемого процесса, оптимизации варьируемых параметров; генетический алгоритм изолированного развития популяций; генетический алгоритм на основе островной модели развития популяций; общую структуру поиска оптимального, по Парето, решения с учетом значимости частных критериев качества проекта. Приведены результаты решения двух примеров определения массово-габаритных и установочных параметров рессор транспортных средств.

Ключевые слова: автоматизация поиска, размерность поиска, многокритериальность, автотранспортное средство, упругие элементы подвески, планирование эксперимента, полиномиальная модель, генетический алгоритм, островная модель, оптимальность по Парето.

FORMING METHOD OF PROPERTIES FOR TECHNICAL SYSTEMS IN THE MEDIA AIDED DESIGN AND MANAGEMENT

Artemov I.I., Dyachkov Y.A.

Penza State University

The problem of automation of searching of optimal parameters of elastic spring units of a trucking facility in the conditions of many criteria and high dimensionality of search space is considered. The tooling of searching engaging is generated: the apparatus of the automized shaping of plots of numerical experiment, creation of polynomial model of researched process, parameter optimization of varied parameters; the genetic algorithm of insulated development of populations; the genetic algorithm on the basis of island model of development of populations; the common structure of searching of the Pareto optimal solution taking into account significance of private criteria of performance of the design. Results of the solution of two instances of determination of in large quantities-dimensional and attitudinal parameters of springs of transport facilities are resulted.

Keywords: searching automation, dimensionality of searching, multicriteria, a trucking facility, elastic spring units, design of experiments, polynomial model, the genetic algorithm, island model, a pareto optimality.

Введение

В практике проектирования автотранспортных средств (АТС) одной из проблем является определение способов автоматизированного решения задач высокой размерности при наличии комплекса противоречивых требований к качеству объекта проектирования. Подобные задачи могут быть решены на основе комплексного инструмента, включающего взаимодополняющие алгоритмы поиска решений. В состав такого инструмента могут входить методы эволюционного подхода, классические методы параметрической оптимизации на основе как исходной, так и регрессионной модели процесса. Совокупное использование нескольких взаимодополняющих методов обеспечивает гарантированное нахождение варианта технического решения в условиях высокой размерности и многокритериальности поиска в автоматизированном режиме. Приведены результаты задач оптимизационного синтеза свойств упругих элементов подвесок АТС.

Формирование комплексного поискового инструмента

Эволюционный подход обеспечивает организацию адаптивного случайного поиска инженерного решения в течение нескольких поколений (эпох) на основе «естественного отбора». Популярным инструментом в эволюционном подходе является генетический алгоритм. Это обусловлено определенным изяществом самой идеи, относительной простотой реализации и, главное, возможностью получения практически значимого решения в случаях, когда другие алгоритмы требуют существенных затрат ресурсов на их реализацию.

Многократность реализации генетических алгоритмов в идеале приводит к формированию популяции «клонов» лучшего решения. Остальные не «выживают» или теряют возможность попадания в популяцию по причине своей технической неотличимости, так как в процессе вычислений объем популяции является постоянной величиной.

В работе использован сценарий поиска «оптимального» технического решения, основанный на простейших непротиворечивых рассуждениях.

1. Начальную популяцию формируем на основе планов математической теории планирования экспериментов. Это обеспечивает получение набора особей-решений, который при минимальном числе вариантов гарантированно содержит «оптимальное» решение в границах используемого перечня свойств. Сами границы свойств задаются двумя векторами – сочетаниями верхних и нижних уровней варьирования факторов-свойств. Использование такого подхода обеспечивает возможность «попутной» оптимизации «попутно» формируемой регрессионной модели процесса.

2. Для каждой строки плана (кодированные в интервале +1...–1 значения свойств решений) определяется приспособленность-качество, после чего осуществляется ранжирование вариантов по величине критерия качества. При этом первым родителем будет «оптимальное» решение, найденное в процессе оптимизации регрессионной модели исследуемого процесса. Второй вариант – родитель следует выбирать случайным образом на основе равномерного распределения, так как поверхность поля решений исследователю недоступна.

3. По той же причине недоступности поля решений исследователем выбирается место разделения особей-вариантов на основе случайного равномерного распределения. Используем одну точку кроссинговера, получаем две новые особи.

4. На основе равномерно распределенной случайной величины выбираем для каждой из двух новых особей отдельно подлежащее стороннему воздействию свойство, изменяя его значение на ± δ %. Знак изменения выбирается из условия невыхода за границы интервала изменения свойств.

5. После определения критерия качества для обоих полученных таким образом решений определяем их место в ранжированной популяции. Последние образующиеся при этом две «лишние» особи с низкими значениями критерия качества (приспособленностью) выводим из исследуемой популяции.

6. «Лишние особи» можно поместить в «резервную» популяцию для последующего использования.

7. Момент окончания поиска (число эпох-итераций) отслеживается исследователем-наблюдателем или автоматически по одному из специфичных условий поиска.

Инструменты математической теории планирования эксперимента позволяют существенно повысить поисковый потенциал генетического алгоритма при использовании планов стабильной структуры независимо от числа варьируемых параметров. Такие планы можно формировать в автоматизированном режиме по заданному числу исследуемых свойств технического решения.

Наличие стабильного числа блоков таких планов позволяет организовать параллельные исследования популяций – блоков плана в «изолированном» варианте, а также «островную» модель популяций и их параллельное исследование с обменом родительских особей между популяциями-островами через определенное число эпох-итераций. Таким образом, у исследователя появляются три (с учетом «попутной» оптимизации регрессионной модели процесса) самостоятельных инструмента поиска оптимального технического решения.

В качестве рабочих использованы насыщенные D-оптимальные планы Рехтшафнера [1]. При этом «попутная» регрессионная модель строится в виде полинома второго порядка, «достаточно точно» аппроксимирующего реальные модели исследуемых технических процессов.

Многорежимность функционирования изделия приводит к необходимости формирования компромиссного варианта решения, в наибольшей степени удовлетворяющего всей совокупности предъявляемых к нему противоречивых требований. По этой причине использован интегральный критерий качества процесса, исключающий возможность компенсации потери качества одних показателей высоким качеством других показателей. Его использование основывается на принципе Парето. Задача с множеством частных критериев (φ_i) сведена к задаче с одним интегральным критерием качества (**К**). При этом значения весовых коэффициентов (ω_i) частных критериев определялись и уточнялись автоматически в ходе решения задачи. Такой подход обеспечил получение оптимального компромиссного варианта, сбалансированного по противоречивости частных критериев. При этом интегральный показатель качества может представляться следующим образом [2]:

если $\varphi_i >> \min$, то

$$К=(\omega_i{}^2(\varphi_i / \varphi_{i\min} -1)^2)^{0.5};$$

если $\varphi_i >> \max$, то

$$К=(\omega_i{}^2(\varphi_{i\,max} / \varphi_i -1)^2)^{0.5}.$$

Здесь φ и ω – частные критерии качества и их «весовые» значения.

Искомый вектор частных критериев Ω является нормалью к поверхности Парето. Его поиск и определение оптимального решения проводился в следующей последовательности:

- проводилась минимизация отдельно по каждому критерию качества (например, $\varphi_{1\min}$), остальные частные критерии вычислялись с учетом полученных таким образом параметров модели (φ_i при $\varphi_{1\min}$);
- по результатам частных оптимизаций формировалась матрица **Ф**.

Это позволило определить область изменений частных критериев.

Матрица **Ф** связана с вектором весов Ω соотношением

$$\Phi\,\Omega = e,$$

где $e^T = [1, 1, ..., 1]$ – единичный вектор.

Значения весов частных критериев:

$$\mathbf{\Omega = \Phi^{-1} e.}$$

С найденным вектором **Ω** проводилась минимизация интегрального критерия качества.

На основе рассмотренного подхода реализован программный модуль, обеспечивающий возможность автоматизированного решения задач оптимизации упругих элементов АТС. Практика его применения свидетельствует о высокой эффективности «тройной» оптимизации, возможности обнаружения требуемых результатов различными составляющими инструмента в разных условиях поиска.

Заключение

Сформированный инструментарий оптимизации свойств АТС обеспечивает реализацию в автоматизированном режиме гибкой технологии обнаружения допустимых вариантов, сбалансированных по противоречивости частных критериев качества.

Использование возможностей математической теории планирования эксперимента обеспечивает автоматизированное построение необходимого числа популяций для двух разновидностей генетического алгоритма, формирование регрессионной модели исследуемого процесса. Встроенный алгоритм оптимизации регрессионной модели дает возможность определить первый «лучший» вариант, используемый в качестве начальной родительской особи, что стратегически гарантирует приближение последующих вариантов к некоторой области оптимальных решений.

Парное использование генетических алгоритмов с моделью изолированного развития популяций и островной моделью гарантирует схождение поиска к глобальному оптимуму.

Сведение многокритериальной задачи к задаче с одним интегральным критерием позволяет в автоматическом режиме учесть «веса» этих частных критериев сначала для всего интервала изменения варьируемых параметров, а затем и в области глобального оптимума.

Полученные результаты обеспечивают использование предложенного в работе метода в качестве специфичного модуля перспективных систем автоматизированного синтеза узлов и агрегатов автомобиля с учетом скоростей их движения, микропрофиля дорог и упругих свойств элементов подвески.

Библиография

1. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования эксперимента. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.

2. Петренко А.И. Основы автоматизации проектирования. – Киев: Техника, 1982. – 295 с.

УДК 621.7.02

ДОСТИЖЕНИЕ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ ПРИ ХОНИНГОВАНИИ ОТВЕРСТИЙ В ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ СПЛАВАХ КОМПЛЕКСНЫМ СПОСОБОМ

[1]Куликов М.Ю., [2]Рыгин Р.Е.

[1]Институт конструкторско-технологической информатики РАН
[2]ФГУП «САЛЮТ»

muk.56@mail.ru

В статье описан наиболее эффективный путь обработки твердых и труднообрабатываемых сплавов за счет операции хонингования в технологии машиностроения.

Ключевые слова: хромоникелевый сплав, алмазная обработка, хонингование, точность.

ACHIEVES OF HIGH ACCURACY FOR HONING HOLES IN HARD WORKING ALLOWS BY INTEGRATED WAY

[1]Kulikov M.Y., [2]Rigin R.E.

[1]IKTI RAS; [2]FGUO «SALUT»

This article describes the most efficient way in the treatment of solid engineering technology and hard alloys expense honing operation.

Keywords: chromium alloy, diamond honing, precision.

Наиболее эффективным способом, интенсифицирующим процессы обработки в технологии машиностроения, в том числе обработки твердых и труднообрабатываемых сплавов, является применение операции хонингования.

Разработанная в последние годы теория формообразования при хонинговании поверхностей вращения позволила выявить зависимости, связывающие технологические параметры инструмента с уменьшением погрешности и формы обрабатываемых отверстий.

Для получения отверстий высокой точности широко используют хонингование [1]. Однако точность, требуемая в современном авиадвигателестроении, и используемые для этого труднообрабатываемые материалы не позволяют достигнуть требуемых параметров при использовании традиционного хонингования.

Целью данной работы является разработка способов хонингования отверстий, соответствующих 3–4 квалитету точности, в хромоникелевых сплавах, используемых в современных авиадвигателях.

Исследования проводились на хонинговальном станке SUNNEN CK-21 при обработке цилиндрических и конических отверстий Ø30 $_{(-0,006)}$ в хромоникелевых сплавах марки ХН-78Т с использованием СОТС Shell Macron 2442 М-3.

Контроль точности получаемых отверстий производился на КИМ с ЧПУ TESA S-10T.

Также проведено микрофотографирование (увеличение х100) полученных поверхностей обработанных отверстий на микроскопе Hawk 200.

Ранее [2] было установлено, что причиной низкой точности отверстий в хромоникелевых сплавах является низкая стойкость инструмента и образующаяся в зоне резания стружка. Выявлено, что новый хон теряет свои режущие свойства в начальный момент обработки этих сплавов. А искажение геометрической формы отверстия идет также за счёт скопления образующейся в зоне резания стружки. Из-за стеснённых условий резания образующийся в зоне контакта шлам, состоящий из стружки, вырванных абразивных зерен и частиц износа связки инструмента, действует на обрабатываемую поверхность как дополнительный режущий элемент и искажает форму отверстия. Произведенные замеры обработанных отверстий показали наличие обратной конусности 1÷3 минуты в отверстиях глубиной свыше 50 мм (рис. 1).

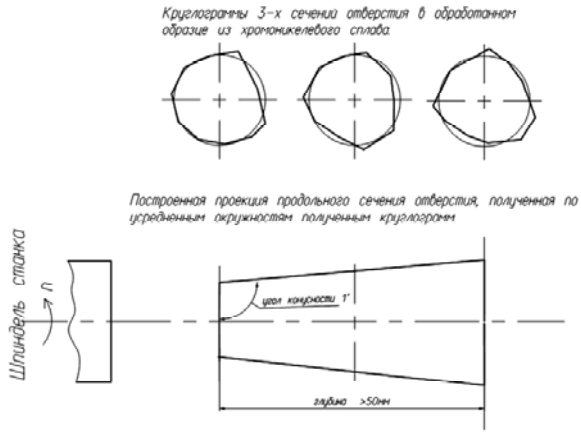


Рис. 1. Оценка формы конусности полученного отверстия после традиционного хонингования

Для эффективного удаления образующегося шлама была разработана конструкция хона, позволяющая равномерно удалять образующийся шлам из зоны резания. В корпусе инструмента спроектированы окна, позволяющие с помощью используемой СОЖ эффективно удалять шлам из зоны резания. Их конструкция обеспечивает турбулентное движение СОЖ в рабочей зоне при хонинговании.

Анализ микрофотографий рабочих поверхностей изношенных хонов показал, что износ идет за счет удаления алмазных зерен из связки (рис. 2). В момент вырывания зерно не вырабатывает свой ресурс и находится на начальной стадии износа. Это согласуется с данными Яхутлова М.М. и Берова З.Ж. [3, 4], которые при исследовании алмазных буровых коронок после обработки горных пород установили, что в момент удаления алмаза из связки он вырабатывает свой ресурс на 5–10 %. Для увеличения ресурса работы алмазного зерна ими предложено наносить износостойкое покрытие на основе титана и никеля.

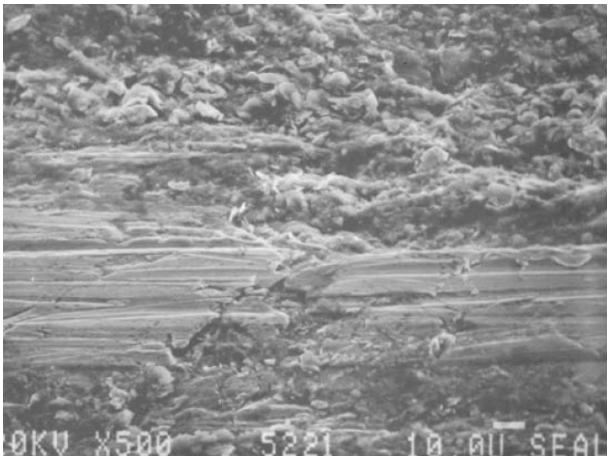


Рис. 2. Микрофотография (х500) режущей поверхности хона после обработки хромоникелевого сплава

Для проверки эффективности этого способа были проведены испытания хонов с различными покрытиями. При испытании хонов использовались покрытия на основе меди, серебра, керамики и алюминия, наносимые различными способами. Контролировалась точность получаемых отверстий. Требуемую точность отверстия на всей длине (L 150 мм) обеспечивали покрытия на основе алюминия и меди. При этом требуемую шероховатость (R_a 0,06–0,08) показали хоны с покрытием на основе алюминия.

Проведенные исследования показали, что при хонинговании высокоточных отверстий в хромоникелевых сплавах необходимо комплексно использовать оба предложенных способа, т.е. использовать хоны разработанной конструкции с нанесёнными на их рабочие поверхности покрытиями на основе алюминия.

Библиография

1. Фрагин И.Е. Новое в хонинговании. – М.: Машиностроение, 1980. – 95 с.

2. Куликов М.Ю., Рыгин Р.Е. Изучение закономерностей формообразования при хонинговании высокоточных отверстий в труднообрабатываемых сплавах. – М.: Машиностроение, 1983. – 135 с.

3. Яхутлов М.М. Повышение работоспособности алмазных инструментов направленным изменением физических характеристик их режущей части. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2001.

4. Беров З.Ж. Повышение ресурса алмазных инструментов на металлической связке ионно-плазменной металлизацией алмазного сырья. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 1998.

УДК 621.01

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ ТПП ПРЕДПРИЯТИЙ В РЕГИОНАЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ ПРИ УНИВЕРСИТЕТАХ, СОЗДАННЫХ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ИНСТИТУТА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАТИКИ РАН

[1,2]Аверченков А.В., [1]Терехов М.В., [1]Филиппова Л.Б.

[1]Брянский государственный технический университет; [2]ИКТИ РАН

mahar@mail.ru

В данной статье произведен анализ деятельности инновационного центра высоких технологий в машиностроении Брянского государственного технического университета (ИЦ ВТМ), созданного при поддержке ИКТИ РАН, рассмотрены основные результаты работы центра.

Ключевые слова: инновационный центр высоких технологий, комплексная автоматизация ТПП, стратегия обработки, металлорежущий инструмент, автоматизированная система научных исследований, система активного контроля режущего инструмента.

AUTOMATION SOLUTION PRODUCTION TOOLING ENTERPRISES IN THE REGIONAL INNOVATION CENTER AT UNIVERSITIES ESTABLISHED WITH THE SUPPORT IKTI RAS

[1,2]Averchenkov A.V., [1]Terekhov M.V., [1]Filippova L.B.

[1]Bryansk State University; [2]IDTI RAS

It is article where the analysis of activity of innovative center of high technologies in machine building of Bryansk state technical university was described, it is created with support IKTI RAS, main issues of work were described and the main results of work of the center are considered.

Key words: innovation center of high technologies, comprehensive automation of production tooling, manufacture policy function, metal cutting tool, computer-controlled system of research activities, system of active control of the cutting tool.

В настоящее время в Российской Федерации крупные промышленные предприятия испытывают системный кризис. Проблемы этих предприятий связаны в первую очередь с высокими производственными издержками, которые не позволяют быстро переходить на выпуск конкурентоспособной продукции. С другой стороны, малые и средние предприятия имеют ограниченный производственный опыт, оказывающий отрицательное влияние на успешность применения высоких технологий. В отличие от крупных предприятий, каждая новая деталь становится уникальной, требующей разработки технологических процессов с нуля, зачастую для сложных деталей собственные технологические разработки становятся непосильными. Также предприятие не может себе позволить проводить полноценное обучение поступивших на работу сотрудников, так как имеет ограниченный штат работников и ограниченное количество оборудования.

Одним из способов решения описанных проблем для предприятий является создание в региональных университетах инновационных центров высоких технологий в машиностроении. В основу таких центров целесообразно заложить принцип частно-государственного партнерства. Для этого бизнес, заинтересованный в продвижении высокотехнологичного современного оборудования в регионы, объединившись с региональными научными школами и образовательными центрами, создает принципиально новый подход к решению проблем промышленности региона.

Целью создания инновационных центров высоких технологий в машиностроении становится комплексная подготовка студентов и переподготовка инженерных кадров предприятий на основе использования высокотехнологичного оборудования и режущего инструмента в условиях современного производства. При этом наиболее актуальной является разработка инновационных промышленных решений с обеспечением всего технологического цикла производства особо сложных наукоемких изделий.

В Брянском государственном техническом университете (БГТУ) в 2008 г. создан один из первых Инновационных центров высоких технологий в машиностроении (ИЦ ВТМ), основанный на реализации принципа частно-государственного партнерства. В организации ИЦ ВТМ приняли участие Институт конструкторско-технологической информатики РАН (ИКТИ РАН) и фирма «ИМИД» (г. Москва). Схема деятельности ИЦ ВТМ приведена на рисунке.

Рисунок. Схема деятельности ИЦ ВТМ БГТУ

При создании центра было использовано уникальное оборудование с возможностью коллективного доступа для проведения научных исследований и обучения в следующем составе: современный токарно-фрезерный обрабатывающий центр Takisawa EX-308, современный вертикально-фрезерный обрабатывающий центр Quaser MV154EL, оснащенный системой активного контроля режущего инструмента Renishaw TS27R, оптический микроскоп Leica DM IRM в комплексе с цифровой фотокамерой Olympus C5050 и TV-тюнером Pinnacle.

В рамках работы ИЦ ВТМ был проведен ряд исследований, результатом которых стал созданный комплекс методик и ряд автоматизированных систем:

1. Были предложены новые решения, позволяющие организовать и комплексно автоматизировать процесс технологической подготовки производства для современного высокотехнологичного оборудования с применением в производственном процессе последних достижений науки и техники. В основе предложенных решений лежит разработанный метод организации автоматизированной системы технологической подготовки производства на основе пересмотра традиционных этапов технологического проектирования и разработки новых моделей, алгоритмов и программных комплексов для автоматизации процесса ТПП, заключающийся в выделении этапов интеграции САПР ТП и CAD-систем, подборе современного высокопроизводительного инструмента, выборе стратегий обработки, как объектов автоматизации, с целью снижения производственных затрат и повышения конкурентоспособности выпускаемых изделий [1].

2. Предложен метод автоматизированного подбора рационального металлорежущего инструмента, заключающийся в автоматическом анализе распознанной модели детали для выявления наиболее рациональных по геометрическим параметрам инструментов и ранжировании полученного списка на основе использования теории решения многокритериальных задач на нечетком множестве альтернатив для выбора наиболее подходящих из них в заданных условиях. Разработана автоматизированная система подбора рационального металлорежущего инструмента на примере токарного инструмента со сменными неперетачиваемыми пластинами, позволяющая при применении в ТПП машиностроительных производств существенно снизить затраты на приобретение инструмента и повысить эффективность металлообработки [2].

3. Для учета новых возможностей современного высокотехнологичного металлообрабатывающего оборудования и инструмента в ТПП предложено и обосновано введение понятий инструментальной и кинематической стратегий обработки поверхностей деталей. Разработан метод выбора инструментальной стратегии обработки элементарных поверхностей деталей, позволяющий автоматически генерировать возможные варианты обработки указанных элементов с учетом возможностей современного инструмента и оборудования и рассчитывать для них экономические затраты на обработку [1].

4. Разработан метод выбора кинематической стратегии обработки поверхностей деталей, позволяющий выбирать траекторию движения режущего инструмента в процессе формообразования на основе автоматизированного анализа условий обработки с передачей полученных данных в CAM-системы для разработки управляющих программ для технологического оборудования с ЧПУ. Создан программный комплекс по выбору инструментальной и кинематической стратегий обработки поверхностей деталей, применение которого в ТПП позволяет повысить производительность обработки и существенно снизить себестоимость продукции [2, 3].

5. Для решения актуальных задач проведения различных экспертиз, измерений, оценок продукции с целью коррекции технологических процессов ее изготовления на таком специализированном оборудовании, как измерительные комплексы, микроскопы, испытательные установки, предложен и обоснован метод построения автомати-

зированных систем научных исследований для удаленного доступа предприятий к указанному оборудованию через сеть Интернет на основе микропроцессорных систем управления рабочими органами оборудования и программного комплекса, выполняющего преобразование команд удаленных операторов в команды управления оборудованием. Новизна предложенного метода заключается в применении технологий удаленного доступа через Интернет к специализированному машиностроительному оборудованию. Предложенный метод построения автоматизированной системы научных исследований (АСНИ) с возможностью коллективного доступа апробирован на примере созданной АСНИ на базе металлографического микроскопа Leica Dmirm с предоставлением коллективного доступа, используемой для проведения металлографических исследований специалистами региональных предприятий. В отличие от существующей схемы исследований, экспертный анализ образцов проводится работниками предприятий [1].

6. В проведенных исследованиях при обработке деталей на фрезерном обрабатывающем центре QUASER MV154 с использованием современной контрольно-измерительной системы Renishaw TS27R были рассмотрены различные схемы настройки инструмента, его измерения и управления процессом обработки. Проведен анализ условий, определяющих погрешность настройки и величины влияния погрешностей, связанных с неточностью станка (биение шпинделя, погрешности перемещения стола и т.д.), при оценке реальных размеров режущей части инструмента в системе ЧПУ станка. Исходя из полученных результатов, можно говорить о том, что на погрешность настройки инструмента влияет целый ряд параметров, связанных как напрямую, так и косвенно. Для повышения точности обработки и уменьшения времени на запуск производства нового изделия разрабатывается система, позволяющая для конкретных видов измерительных устройств вычислять коррекцию на инструмент и вносить определенную коррекцию управляющих программ для станков с ЧПУ, оснащенных системами активного контроля режущего инструмента.

Результаты проведенных исследований внедрены на ряде машиностроительных предприятий. Применение предложенных в работе методик и программных комплексов позволило снизить сроки ТПП в среднем на 20…30 %, уменьшить затраты на инструмент на 15…25 %, уменьшить машинное время изготовления деталей на 30…50 %. Полученные результаты также нашли применение в учебном процессе ФГБОУ ВПО «БГТУ».

Библиография

1. Патент №110842 РФ. Аппаратно-программный комплекс для управления удаленным оптическим микроскопом / Аверченков А.В., Аверченков В.И., Филиппов Р.А., Чмыхов Д.В. Опубл. 27.11.2011.

2. Аверченков В.И., Аверченков А.В., Терехов М.В., Кукло Е.Ю. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ: монография. – Брянск: БГТУ, 2010. – 148 с.

3. Аверченков В.И., Жолобов А.А., Мрочек Ж.А. и др. Станки с ЧПУ в машиностроительном производстве: учеб. пособие для вузов. – Брянск: БГТУ, 2010. – Ч. 1. – 216 с.

УДК 658.512.2.011.56

ПРИМЕНЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ ОБРАБОТКИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТАНКОВ С ЧПУ

Аверченков А.В., Симуни А.Е.

Институт конструкторско-технологической информатики РАН

mahar@mail.ru

Рассмотрены вопросы применения кинематической стратегии обработки при автоматизации разработки управляющих программ для станков с ЧПУ. Дано определение термина «кинематическая стратегия обработки». Приведено описание математического обеспечения процесса формирования управляющих программ для многофункциональных станков с ЧПУ на основе выбора кинематической стратегии обработки.

Ключевые слова: конструкторско-технологические элементы формы, кинематическая стратегия обработки, САПР, автоматизированная система, станок с ЧПУ.

APPLICATION KINEMATIC PROCESSING STRATEGY IN THE AUTOMATION OF DESIGN OF CONTROL PROGRAMS MULTIFUNCTIONAL MACHINE CNC

Averchenkov A.V., Simuni A.E.

IDTI RAS

The problems of kinematic processing strategy for automating the development of control programs for CNC machine tools. A definition of the term kinematic processing strategies. A description of the software process of the formation of programs for multi-CNC based on the choice of kinematic processing strategy.

Keywords: design and technological elements of form, kinematic processing strategies, CAD, automated system, CNC.

Цели и задачи исследования

Целью проводимого исследования является применение КСО при автоматизации разработки УП для станков с ЧПУ.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: разработка теоретических основ КСО; разработка формализованного описания КСО; разработка математической модели для автоматического выбора КСО.

Введение

Опыт использования средств автоматизации технологической подготовки производства на базе Инновационного центра высоких технологий в машиностроении при Брянском государственном техническом университете (ИЦ ВТМ БГТУ), а также анализ работ, доступных в открытой печати, позволяют сделать следующие выводы:

1) большая часть задач технологической подготовки производства формализованы и решены в рамках специализированных программных средств («Вертикаль» («АСКОН»), «TFLEX-технология» («Топ системы») и т.д.);

2) универсальные CAD/CAM системы в большей степени нацелены на решение геометрических задач и не решают технологические задачи [1].

Слабым местом технологической подготовки УП для станков с ЧПУ является то, что ПО для разработки УП не позволяет управлять связями между технологическими и геометрическими параметрами перехода.

Для устранения данного недостатка вводится понятие «кинематическая стратегия обработки».

Кинематическая стратегия обработки

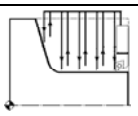
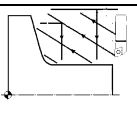
Кинематическая стратегия обработки (*КСО*) – это набор технологических и геометрических требований и ограничений, на основе которых строится траектория обработки заготовки.

КСО состоит из следующих элементов: траектория обработки; геометрические требования и ограничения, исходя из которых строится траектория обработки; технологические требования и ограничения, исходя из которых строится траектория обработки.

Для одного конструкторско-технологического элемента формы (КТЭФ) существует несколько траекторий обработки, которыми его можно получить. В табл. 1 представлены траектории обработки уступа.

Таблица 1

Траектории обработки КТЭФ «уступ»

Название	Рисунок	Название	Рисунок
Поперечное точение		Точение под углом	

В табл. 2 приведен пример требований и ограничений для разных траекторий обработки.

Таблица 2

Соответствие КТЭФ и КСО

КТЭФ	**Траектория**		
	Название	**Требования**	**Ограничения**
Торцевая поверхность	Продольное точение	Большая длина припуска, нежёсткая заготовка, увеличивает скорость обработки	Нежёсткое закрепление в патроне
	Поперечное точение	Нежёсткое закрепление в патроне	Нежёсткая заготовка

В реальности возможны ситуации, когда невозможно определить, какую траекторию обработки использовать (даже при наличии КСО). Для принятия решения по выбору КСО было разработано их математическое описание.

Были выделены следующие ниже параметры.

1. Жесткость. Данный параметр является сложноформализуемым. Но эксперт может однозначно определить, что жесткость в одном случае больше, чем в другом. Эксперт делает свое заключение на основании ряда факторов влияния. Этими факторами являются: диаметр заготовки (D), сила зажатия заготовки в патроне (Fj), наличие тонкой стенки в обрабатываемом элементе (Mts), вылет заготовки (Lj), материал (M), вид термообработки (To).
2. Длина обрабатываемого элемента (L).
3. Глубина КТЭФ (G).
4. Местоположение обрабатываемого элемента на детали (Mp).
5. Наличие материала перед и после обрабатываемой поверхности (Mm).
6. Припуск (a). Величина припуска зависит от общей длины заготовки и точности получаемого размера. В связи с этим припуск будем определять не точным значением, а отношением общей длины детали к припуску [1].

Среди перечисленных параметров многие являются нечеткими. Кроме того, многие параметры будут иметь разное абсолютное числовое значение в зависимости от заготовки, поэтому для построения математического описания кинематической стратегии обработки применяется теория нечетких множеств Л.А. Заде [2].

В рамках рассматриваемой работы при математическом описании кинематической стратегии обработки, обозначенной ***N,*** использовался следующий набор:

$$N = <D, L, Mts, Fj, Lj, Mp, Mm, a, M, To, G> \quad (1)$$

Вылет заготовки Lj является нечетким понятием и может быть формализован с помощью лингвистической переменной **(ЛПLj)**. Так как конкретное значение вылета зависит от диаметра заготовки, то для задания области определения переменной Lj логично использовать отношение длины к диаметру.

$$ЛПLj = <\beta Lj, TLj, XLj, GLj, MLj>, \quad (2)$$

где βLj = «вылет заготовки»; TLj – множество значений ЛПLj (терм-множество), представляющее собой следующий набор нечетких переменных:

TLj = {"Небольшой", "Средний", "Большой"};

XLj – область определения, имеющая вид:

$$XLj = [0D, 3D]; \quad (3)$$

GLj – синтаксическое правило; MLj – семантическое правило задания нечетких подмножеств множества XLj, функции принадлежности которых графически представлены на рисунке.

$$\mu_{A_1} = \begin{cases} 1, \textit{если} \;\; 0 \le X \le 0.9 \\ 2.5X - 2.25, \textit{если} \;\; 0.9 < X < 1.3 \\ 0, \textit{если} \;\; X > 1.3 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{A_2} = \begin{cases} 0, \textit{если} \;\; X < 0.9 \\ 2.5X - 2.25, \textit{если} \;\; 0.9 < X < 1.8 \\ 1, \textit{если} \;\; 1.3 \le X \le 1.8 \\ -3.33(3)X + 7, \textit{если} \;\; 1.8 < X < 2.1 \\ 0, \textit{если} \;\; X > 2.1 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{A_3} = \begin{cases} 0, \textit{если} \quad X < 1.8 \\ 3.33\,(3)\,X - 6, \textit{если} \quad 1.8 < X < 2.1 \\ 1, \textit{если} \quad X \geq 2.1 \end{cases} \tag{6}$$

Нечеткое множество А1 соответствует терму «Небольшой вылет», нечеткое множество А2 – терму «Средний вылет», А3 – «Большой вылет».

Аналогично в наборе (1) описываются параметры D, L, Fj, a. Параметры Mp, Mts, Mm определяются четкими значениями.

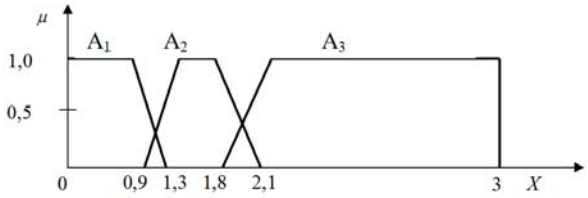


Рисунок. График функций принадлежности нечетких множеств

Для определения КСО КТЭФ в соответствии с набором 1 описывается набор стратегии соответствующей этому КТЭФ. Далее приведен пример такого описания (табл. 3).

Таблица 3

Формальное описание КСО для КТЭФ «торец»

Обрабатываемый КТЭФ	Торец	
Название	Продольное	Поперечное
Лингвистическое описание	Резец совершает продольное движение резания, поперечный выход из зоны резания, продольное вспомогательное движение	Резец совершает поперечное движение резания, продольный выход из зоны резания, поперечное вспомогательное движение
Математическое представление	N = <D, L, Mts, Fj, Lj, Mp, Mm, a, M, To, G> D = "В широких пределах" L = "Отсутствует" Fj = "Средняя","Большая" Mts = "Не имеет значения" Lj = "Небольшой","Средний" Mp = "Край" Mm = "Отсутствует" a = "Средний", "Большой" M = "В широких пределах" To = "В широких пределах"	N = <D, L, Mts, Fj, Lj, Mp, Mm, a, M, To, G> D = "В широких пределах" L = "Отсутствует" Fj = "Незначительная" Mts = "Отсутствует" Lj = "Небольшой" Mp = "Край" Mm = "Отсутствует" a = "Незначительный" M = "В широких пределах" To = "В широких пределах"
Система продукций	*ЕСЛИ* Mts = "Не имеет значения" И Lj = "Небольшой" ИЛИ Lj = "Средний" И a = "Средний" ИЛИ a = "Большой", *ТО* торец = "Продольное" *ЕСЛИ* Mts = "Отсутствует" И Lj = "Небольшой" И a = "Большой", *ТО* торец = "Поперечное"	

Таким образом, для выбора КСО КТЭФ система определяет степень принадлежности элемента к КСО.

Выводы

В результате проведенного исследования были разработаны теоретические основы использования КСО при автоматизации подготовки УП для станков с ЧПУ, получены формализованная модель представления КСО и математическая модель выбора КСО. Полученные результаты позволяют ускорить подготовку УП для станков с ЧПУ за счет сокращения сроков принятия решений и автоматизации сложноформализуемых процессов выбора траектории обработки.

Библиография

1. Аверченков А.В., Симуни А.Е. Автоматизация формирования управляющих программ для многофункциональных станков с ЧПУ на основе выбора оптимальной стратегии обработки // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2010. – № 2 (26). – С. 15–21.

2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 168 с.

УДК 658.511

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

[1]Бекмешов А.Ю., [2]Колесникова Е.М.

[1]Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук
[2]Политехнический колледж № 13 имени П.А. Овчинникова

s_bekmeshov@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы автоматизации проектирования технологического процесса механической обработки на основе конструкторско-технологической параметризации.

Ключевые слова: параметризация, технологический процесс механообработки, таблица свойств поверхностей.

ENGINEERING – DESIGN PARAMETERIZATION FOR AUTOMATED COMPUTER-AIDED DESIGN PROBLEMS

Bekmeshohv A.Y., Kolesnikova E.M.

IDTI RAS

In this article technological process of mechanical operations design automation with the help of the design-engineering parameterization is considered.

Keywords: parameterization, technological process of mechanical operations, surface characteristics table.

Проблематика автоматизации проектирования включает в себя широкий круг задач, требующих решения разработчиками программных комплексов.

Одной из таких проблем в системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) является полнота формализации описания объектов изготовления (деталей) и технологических решений.

Существующие САПР технологического процесса механической обработки (ТП МО) осуществляют перебор возможных вариантов структур технологического процесса с последующей оценкой вариантов по некоторым критериям. Выбор технологических баз происходит в режиме диалога, в котором для каждой конкретной операции механообработки технолог выбирает набор баз.

Важнейшим этапом проектирования ТП МО является формирование комплектов технологических баз с целью придания детали определенного положения в приспособлении станка. Обеспечение формирования комплектов технологических баз детали зависит от большого числа факторов, таких, например, как точность и последовательность обработки. Поэтому рациональное формирование комплектов технологических баз может быть определено только с учетом этих факторов.

Технологический процесс механической обработки заготовок содержит две составляющие: ***структурную и параметрическую.*** Структурная составляющая ТП содержит множество $\boldsymbol{M}$ технологических переходов (рабочих ходов) и отношений $\boldsymbol{R}$ на $\boldsymbol{M}$. Параметрическая составляющая ТП содержит набор характеристик переходов (шифры станков и оснастки, показатели качества поверхностей после каждого перехода, режимы резания, нормы времени, операционные эскизы и др.). Поэтому этапы проектирования ТП можно разделить на три группы: выбор множества переходов $\boldsymbol{M}$, определение последовательности выполнения переходов и их группирования в установы и операции и расчет параметров.

Для повышения уровня автоматизации проектирования используется конструкторско-технологическая параметризация, которая заключается в установлении связей $\boldsymbol{F}$ между конструкторскими переменными $\boldsymbol{p_к}$ и технологическими переменными $\boldsymbol{p_т}$.

Под ***конструкторскими*** переменными детали $\boldsymbol{p_к}$ понимают следующий набор примитивов чертежа и их свойств: наименование и шифр детали, марка конструкционного материала, характеристики полуфабриката, если он указан в штампе чертежа, геометрические параметры поверхностей (например, длина и диаметр цилиндрической поверхности), показатели качества обрабатываемых поверхностей (посадка и квалитет, шероховатость, твердость и др.). Изменение указанных параметров позволяет автоматически перерисовывать чертеж детали или сборочной единицы. К числу ***технологических*** переменных ТП МО $\boldsymbol{p_т}$ относятся следующие характеристики технологических переходов или операций: шифр и наименование операции, шифр и наименование оборудования, параметры текстов переходов, показатели качества поверхностей после обработки и др. Для использования технологической параметризации при проектировании ТП МО необходимо для разработанного ранее технологического процесса объявить в качестве переменных те, которые подлежат изменению.

Связи $\boldsymbol{F}$ между переменными $\boldsymbol{p_к}$ и $\boldsymbol{p_т}$ имеют иерархическую структуру, поэтому для каждой задачи проектирования ТП разрабатываются технологические модули, например, модули выбора структуры ТП на основе типизации, модули выбора режимов резания, модули размерного анализа, расчета норм времени, выбора оснастки и др. [1].

Выбор структуры ТП является центральной и сложной задачей проектирования ТП в силу того, что необходимо учитывать многочисленные факторы конструкторского, производственного и технологического характера при выборе технологических баз и их смене в процессе обработки детали. К основным факторам относятся: погрешности размера,

формы и взаимного расположения поверхностей; показатели качества поверхностей деталей; габаритные размеры деталей; метод получения заготовки; уровень автоматизации производства; масштаб выпуска деталей.

При решении указанной задачи в условиях конкретного предприятия часто используется опыт проектирования унифицированных технологических процессов (аналогов, типовых и групповых), при этом эффективным средством проектирования является ***конструкторская и технологическая*** параметризация.

Параметризация, или процесс параметрического моделирования – это проектирование с использованием неких параметров элементов модели, а также связей между этими параметрами. При помощи изменения параметров и геометрических связей параметризация позволяет модели «дышать» (с помощью изменения параметров или геометрических отношений), дает возможность довольно быстро изменять всю конструкцию модели и помогает избежать принципиальных ошибок.

В графических редакторах с использованием параметризации можно создать трехмерную параметрическую комплексную модель изделия. Комплексная модель представляет собой унифицированное изделие, при изменении значений параметров (переменных) которого можно получить различные детали.

В системах подготовки чертежей и трехмерных моделей использование параметризации сильно ограничено. Это связано с тем, что большинство программных комплексов использует размерную параметризацию, которая часто приводит к ситуациям с неоднозначными решениями параметрического пересчета.

Избежать этого недостатка позволяет применение геометрической параметризации, которая позволяет использовать тысячи параметрически связанных между собой элементов и всегда приводит к предсказуемому результату. Такой способ используется, например, в программном комплексе российской разработки T-FLEX CAD.

Одним из основных преимуществ T-FLEX CAD является возможность внесения в переменные не только размеров поверхности, ограничивающей деталь, но также и параметров ориентации данной поверхности с её типом.

В T-FLEX CAD параметрическим является все – от положения линий и элементов сборочного чертежа до содержимого текста и любых атрибутов элементов. При этом параметры могут быть связаны любыми взаимоотношениями между собой.

При трехмерном проектировании в T-FLEX CAD для построения эскизов используются мощные механизмы параметризации, используемые в двухмерной версии, и любые атрибуты трехмерных операций могут быть параметрически изменены.

Пользователь T-FLEX, используя механизм Open API (Интерфейс программирования приложений), может создавать как макросы в обычном документе T-FLEX, так и отдельные внешние приложения.

В ходе работ по разработке ТП в автоматизированном режиме был разработан макрос для экспорта переменных и их значений созданной трехмерной модели. Данный список переменных со значениями представляет собой таблицу в формате *.xls.

Технологическая характеристика поверхности, определяющая ее способность при заданной ориентации лишать деталь степени свободы, определяется шестикомпонентным вектором:

$$\varsigma = [\, x_1, y_1, z_1, x_\alpha, y_\alpha, z_\alpha \,],$$

где первые три компонента с индексом 1 определяют линейные перемещения по осям X, Y, Z, а с индексом α – вращения, соответственно, вокруг осей X, Y, Z. Каждая из компонент вектора принимает значение «0» или «1» в зависимости от того, допускается соответствующее движение детали или нет.

На основании таблицы переменных можно сгенерировать таблицу свойств поверхностей, ограничивающих трехмерную модель.

Таблица

Пример таблицы свойств поверхностей

№	Тип поверхности	Степени свободы					
		X_1	Y_1	Z_1	X_α	Y_α	Z_α
1	Плоскость	1	0	0	0	0	1
2	Плоскость	0	0	1	1	1	0

Применив к таблице разработанный алгоритм формирования множества комплектов технологических баз на первой операции, основанный на методе минимальных покрытий строками матрицы единичной строки, можно получить таблицу группировки поверхностей с одинаковыми технологическими возможностями. На основании этой таблицы получаем множество комплектов технологических баз. Каждый комплект баз обладает свойством лишать деталь шести степеней свободы.

В дальнейшем требуется найти наиболее подходящий комплект технологических баз с учетом всех технологических ограничений: доступность инструмента при обработке поверхности, которая ориентируется с помощью данного комплекта; возможность установки зажимных элементов приспособления, обеспечивающих доступ инструмента к обрабатываемой поверхности; обеспечение заданной точности и качества обрабатываемых поверхностей и точности их относительного расположения.

Таким образом, комплект технологических баз должен быть выбран так, чтобы выполнялись ограничения и количество поверхностей, обрабатываемых с данного комплекта, было максимальным.

Библиография

1. Серенко В.А., Пастуховский А.В., Первушин Н.Н. О методе формализации параметров изделия для САПР сборочных процессов изделий. САПР и графика // Компьютер пресс. – 1999. – № 6. – С. 23–27.

УДК 316.422

ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Егорова О.С.

Институт конструкторско-технологической информатики РАН

olga-eg@yandex.ru

Рассмотрены вопросы управления экологической безопасностью для обеспечения конкурентоспособной и эффективной деятельности производственных предприятий на основе автоматизированной системы обработки данных. Показано, что для инновационного производства необходимо использовать управленческие кадры, способные анализировать, прогнозировать, принимать решения, брать на себя ответственность и учитывать различные экологические аспекты деятельности предприятия. Проанализированы результаты экологической политики в рамках социальной ответственности производственных предприятий.

Ключевые слова: инновационное производство, экологическая безопасность, производственное предприятие, экологическая политика, социальная ответственность.

ENVIRONMENTAL SAFETY MANAGEMENT ISSUES BASED ON THE AUTOMATED SYSTEM OF DATA ANALYSIS

Egorova O.S.

Institute for design technological informatics of RAS

The author of the article focuses on environmental safety management issues aimed at ensuring competitive and efficient manufacturing enterprises' performance based on automated system of data analysis. It is shown that in order to achieve innovative production it is necessary to deal with management resources which are able to analyze, predict, make decisions and take different aspects of enterprise's functioning into consideration. The results of the environmental policies in the context of the manufacturing enterprises social responsibility were analyzed.

Keywords: innovative production, environmental safety, manufacturing enterprise, environmental policy, social responsibility.

Проблема управления производственным предприятием в контексте обеспечения экологической безопасности становится все более актуальной. В настоящее время практически любое предприятие развивает свое производство по техногенному пути. Это природоемкий тип развития, основу которого составляет практически безвозвратное использование искусственных средств производства, созданных без каких бы то ни было экологических ограничений. Основными чертами такого типа развития являются постоянно возрастающие объемы вовлечения в производственный процесс невозобновляемых природных ресурсов, а также повышенная эксплуатация возобновляемых ресурсов с интенсивностью, превышающей темпы их естественного воспроизводства и восстановления. Современный период развития экономики напрямую определяется интенсификацией производства, увеличением объемов вовлекаемых в него природных ресурсов и постоянно возрастающим техногенным загрязнением биосферы.

Проблемы экологической безопасности многие исследователи связывают и с кризисом управления. Для преодоления кризиса необходимо использовать качественный управленческий ресурс, включающий не только субъектно-объектные отношения, но и национальные традиции, ценности, менталитет, а также смысловые ориентации, качество и уровень жизни, приоритеты развития страны, обладающей высокотехнологичным национальным потенциалом. Для реализации управленческих стратегий по выводу страны на новый уровень необходимы социологический анализ изменений в обществе, подготовка управленческих кадров [1]. Управление на предприятии является не односторонним «воздействием субъекта управления на социальный объект», а целенаправленным процессом взаимодействия субъекта и объекта управления для достижения какого-либо результата [2]. Следовательно, обратная связь играет немаловажную роль в процессе функционирования всей системы управления. Обратная связь в управлении вызывает и дополнительную мотивацию сотрудников к прогрессу: сотрудники ставят перед собой более высокие цели, разрабатывают более успешные стратегии и, как следствие, добиваются более весомых результатов.

Система управления окружающей средой обеспечивает решение организации экологических вопросов путем рационального использования имеющихся ресурсов, распределения обязанностей и постоянной оценки результатов деятельности. Для эффективного решения управленческих задач необходимо компетентно контролировать и направлять деятельность предприятия в целях соблюдения природоохранительного законодательства, просвещать и вовлекать в свою работу все подразделения предприятия. В рамках ориентированного на рынок эколого-социального управления ключевая функция управленца состоит в определении шансов и рисков перспективной деятельности предприятия и формировании соответствующей производственной стратегии. Однако при принятии управленческих решений необходимо принимать во внимание экологическую специфику, заключающуюся в:

- более выраженном акценте на природную среду;
- трактовке последней как ценности, имеющей для общества большее значение, чем просто полезность;
- приоритете глобальных интересов над интересами отдельных сообществ [3].

Эффективным инструментом может стать использование автоматизированных систем обработки информации о деятельности предприятия для оценки его экологических показателей. Использование автоматизированных систем обработки данных в условиях современных высокотехнологичных производств позволяет оптимизировать как системы подготовки производства, так и непосредственно технологические процессы изготовления продукции. Однако вопросы обеспечения экологической безопасности также становятся в последнее время объектом автоматизации в условиях деятельности интегрированных промышленных предприятий, что диктует необходимость разработки специализированных средств для оценки показателей экологической безопасности промышленных предприятий на основе автоматизированных систем обработки данных, направленных на решение задач развития конкурентоспособного и экологически чистого производства.

Управление экологической безопасностью необходимо рассматривать как первичный двигатель процесса улучшения экологических показателей деятельности предприятия. Из этого следует, что один из аспектов управления – это грамотное составление экологической политики. Экологическая политика должна отражать приверженность высшего руководства, его обязательства в отношении соответствия принятых решений законодательным, нормативно-техническим и другим требованиям, а также принципу последовательного улучшения [4].

Существует перечень признаков, которым должна соответствовать экологическая политика предприятия [5]. В таблице анализируется средний уровень качества экологической политики, достигнутый ведущими производственными предприятиями как во всем мире, так и в России.

Таблица

Частота использования основных принципов экологической политики ведущими производственными предприятиями

Принципы экологической политики	**Использование предприятиями принципов экологической политики (%)**	
	Ведущие производственные предприятия в мире	**Ведущие производственные предприятия в России**
Минимизация негативного влияния на окружающую среду	85	76
Соблюдение положений природоохранного законодательства	77	64
Разработка и распространение экологической отчетности предприятия	42	18
Транспарентность экологической отчетности предприятия	80	29
Привлечение всех сотрудников к участию в различных экологических мероприятиях	67	64
Разумное и эффективное использование ресурсов предприятия	52	41
Эффективность экологической деятельности	66	24
Предупреждение негативного влияния на окружающую среду	50	41
Осуществление инициативной экологической деятельности	41	12
Сотрудничество с другими предприятиями и обществом в рамках экологической политики	81	47
Обеспечение охраны здоровья и труда сотрудников и общества	44	47
Управление экологическими рисками	28	62
Стремление к экологическому лидерству	7	12
Экологическое сознание управленческого ресурса, социальная ответственность предприятия	37	8

Из таблицы видно, что в России еще не все производственные предприятия придерживаются принципов экологической политики. По некоторым показателям существует значительное отставание по сравнению с производственными предприятиями в мире. Однако процесс формирования эколого-ориентированного рыночного пространства в России уже начался, и управленческие кадры многих российских производственных предприятий придерживаются инновационного подхода к экологическому управлению.

Выводы. В условиях инновационного развития промышленные предприятия должны брать на себя экологическую ответственность за негативное влияние производственной деятельности. Для эффективного решения управленческих задач необходимы контроль за производственной деятельностью в рамках соответствия природоохранному законодательству, при-

влечение всех подразделений к участию в инициативных экологических мероприятиях и формирование управленческим ресурсом новой системы ценностей, включающей в себя экологические ценности. Также необходимо использовать автоматизированные системы обработки информации о деятельности предприятия для оценки его экологических показателей.

Библиография

1. Клементьев Д.С., Рыбакова М.В. Социология управления // Социолог. исслед. – 2007. – № 5. – С. 153–154.
2. Кобыляцкий Н.Г. К вопросу становления научной парадигмы: обзор публикаций (социология управления) // Социолог. исслед. – 2005. – № 4. – С. 64–68.
3. Peattie K. Green marketing. – London: The M & handbook series, 1992. – 344 p.
4. ISO 14001. Annex A. A2. Environmental policy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=31807.
5. Алексеева Ю., Хабарова Е. Формирование эколого-ориентированного рынка в России // Практический маркетинг. – 2002. – № 8. – С. 18–22.

УДК 371.3:378.147

МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ – ВАЖНЕЙШЕЕ УСЛОВИЕ ПЕРЕХОДА МАШИНОСТРОЕНИЯ НА ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Батыров У.Д., Яхутлов М.М.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

martin_yah@mail.ru

Приводится анализ состояния отечественного машиностроительного производства и инженерного образования. Предлагаются пути решения проблемы подготовки инженерных кадров, компетентных в современных инновационных высоких технологиях в машиностроении.

Ключевые слова: инженерное образование, инновационные технологии, научно-образовательные центры.

ENGINEERING EDUCATION MODERNIZATION IS THE MOST IMPORTANT CONDITION MECHANICAL ENGINEERING TRANSITION TO INNOVATION TECHNIQUES

Batyrov U.D., Yahutlov M.M.

Kabardino-Balkarian State University of H.M. Berbekov

Domestic machine-building manufacture and engineering education condition analysis is carried out. Some ways to solve the problem in preparation of engineering skills, which are competent in modern innovative high technology in mechanical engineering, are offered.

Key words: engineering education, innovation techniques, research and educational centres.

В последние годы Правительством Российской Федерации предпринят ряд шагов по модернизации и повышению эффективности промышленного производства в стране. Главная цель этих мероприятий – уйти от сырьевой экономики. В том числе были созданы государственные корпорации в авиастроении, судостроении, машиностроении, которые были призваны объединить имеющиеся ресурсы и вывести соответствующие отрасли из кризиса, повысить производительность труда, качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Для усиления и развития более успешной структуры предполагалось закупить новейшее оборудование (в основном зарубежное), возможно, и технологии; с этой целью из государственного бюджета и иных источников были привлечены значительные средства. Однако результат не был достигнут.

Приходится констатировать, что приобретенное оборудование, особенно металлообрабатывающее, вводится в производство в течение недопустимо длительного времени – или оно просто простаивает. Зачастую приобреталось не совсем то, что было необходимо. Причин этого несколько. Главные из них – следующие.

Во-первых, проводимые реформы не имели под собой достаточной научной базы и не были в необходимой мере проработаны и подготовлены, а точнее, возник «перекос», и преобладающие экономические выкладки, которых было сделано немало, позволили «не увидеть» отсутствие проработки с позиции конструкторско-технологической науки. В результате в основу были заложены очевидные стратегические ошибки, а ныне сложившийся результат был предсказуем с самого начала.

Во-вторых, в Российской Федерации в силу ряда известных причин мало специалистов, которые системно и глубоко знают состояние и достижения отраслей промышленности и научной мысли в индустриально развитых странах. Поэтому делались многочисленные ошибки при приобретении технологического оборудования. Была иллюзия – покупай современное оборудование, и успех обеспечен. Но нужного результата добились единицы. Преуспели только те, кто выпускает относительно простую в изготовлении продукцию и смог приобрести готовые технологии с полным комплектом оборудования и средств технологического оснащения. При этом нужно иметь в виду, что суперсовременные технологии никто продавать не будет.

В-третьих, во многих случаях изготовления сложной наукоемкой продукции успех может быть достигнут только при комплексной и сбалансированной модернизации производства. «Точечная» или, наоборот, массовая замена всего и вся не дает нужного результата. Имеется множество примеров, когда из-за допущенных просчетов техническое перевооружение не дало положительных результатов.

Анализ причин, приведших к такому результату, показывает, что основными из них являются:

– отсутствие, как правило, современных компетентных в новейших достижениях техники и технологии инженерных кадров, способных правильно сопоставить цели технического перевооружения предприятия с нынешним состоянием российского и мирового рынков услуг в определенной отрасли и принять правильное решение (речь идет в первую очередь о топ-менеджерах);

– практически полная потеря связи науки и производства, или подмена науки «удобными» НИР;

– глубокий кризис научных исследований в области техники и технологий (грантовая система не способствует проведению крупных, значимых исследований в этих направлениях);

– дефицит инженерных кадров, компетентных в современных технологиях и новых принципах организации производства;

– острейший дефицит специалистов по работе на современном технологическом оборудовании и др.

В-четвертых, имеют место серьёзные недостатки в сложившейся системе подготовки кадров в образовательных учреждениях различного уровня. И эта проблема в сложившейся ситуации выступает как одна из ключевых.

При этом речь не идет о недоработках преподавателей, руководства вузов или министерств. Главная причина – в системном кризисе инженерного образования как во всем мире, так и в России, где все это усугублено перипетиями последних двух десятилетий.

Какова сегодняшняя ситуация в вузах, где готовят инженерные кадры? Вузы исправно выполняют требования государственных стандартов по различным направлениям подготовки кадров и выдают соответствующие дипломы. Иначе и быть не может. Но что это за специалисты? Правилом является то, что этот специалист обучен преподавателями, которые добротно знают технику и технологии 20–30-летней давности. И если даже в образовательном процессе активно используются современные информационные технологии, знания, которые получают студенты, давно не соответствуют современным требованиям.

Оборудование, приборы, различные инструменты в вузах давно устарели. И если вуз каким-то образом приобрел что-то новое, проблему это не решает и решить не может. Для получения нужного эффекта необходима новая стратегия комплексного обеспечения современного образовательного процесса. Во многих случаях ошибкой являются массовые (на миллиарды рублей) закупки производственного оборудования для университетов. Большое количество примеров, когда купленные дорогостоящие станки просто некому в университете включить, не говоря уже о полноценном использовании их функций.

Сейчас же в сложившихся в инженерном образовании условиях студент получает неплохие знания, умения, компетенции и навыки, но несколько иные, чем нужны современному производству. Попадая в цех, молодой специалист вынужден учиться заново, овладевая тем, что нужно. Но и здесь эта учеба стихийна и никем не отстроена.

Если вуз внедряет что-то новое, то это, как правило, какие-то компьютерные технологии, чаще всего – для проектирования и ведения расчетных и иных задач. Это, безусловно, необходимо, но далеко не достаточно для подготовки современных инженеров.

Здесь нужно отметить очень важную, трудноразрешимую проблему. Не секрет, что преподавательские кадры в вузах, мягко говоря, не очень молоды. Они в свое время внесли огромный вклад в создание, развитие и сохранение инженерного образования. И их нужно благодарить за это. Но делать ставку на них при модернизации инженерного образования, наверное, неправильно. Нужны молодые, перспективные, готовые к освоению всего нового преподавательские кадры.

Кроме того, в прежние времена существовала стройная система повышения квалификации преподавателей в ведущих вузах и научных учреждениях страны. В них было чему поучиться: их работники имели возможность быть в курсе самых передовых достижений науки и техники, лаборатории были оснащены современным (по тем временам) оборудованием, приборами и всем необходимым; в этих учреждениях работало немалое количество научных школ под руководством видных ученых, что позволяло регулярно привносить в учебный процесс новые знания и пополнять преподавательские кадры талантливой молодежью.

Сейчас эта система практически разрушена. Да и положение вузов и научных учреждений Москвы и крупных городов России, где проводилось повышение квалификации кадров, ненамного лучше, чем у вузов, расположенных в регионах страны, а зачастую – и хуже. Нужно возрождать и эту систему.

Немаловажная проблема – отсутствие учебной, учебно-методической, справочной и нормативной литературы, адекватной состоянию современной науки, техники и технологий. Большинство издаваемой в последние годы литературы, за редким исключением, является переизданием ранее издававшейся. Здесь та же проблема – мало кто может написать нужный учебник, учебное пособие.

И еще одна очень важная проблема. Молодые выпускники вузов, имеющие высокий уровень подготовки и могущие работать в вузах в качестве преподавателей, не идут туда работать из-за чрезвычайно низкой заработной платы. И перспектив в данном направлении не видно. Если срочно не предпринять необходимых мер, то профессиональное образование, по крайней мере инженерное, может пройти точку невозврата.

Если подытожить вышесказанное – сегодняшняя высшая школа вести полноценную подготовку необходимых инновационному машиностроительному производству инженеров не имеет возможности.

Какой выход из сложившейся ситуации?

Выход, по нашему мнению, есть. Нужно объединить имеющиеся в вузах, научных учреждениях и на производстве ресурсы, прежде всего кадровые и материальные, и на первом этапе создавать региональные образовательные центры коллективного пользования, где будут сосредоточены современное технологическое оборудование, приборы, программное обеспечение и т.д. В этих центрах должны работать высококлассные преподаватели. И, может быть, не только российские, но там, где это неизбежно и возможно, – и приглашенные из-за рубежа. В этих центрах нужно организовать обучение различных категорий слушателей региона: преподавателей образовательных учреждений разного уровня, топ-менеджеров производственных предприятий, инженерный и обслуживающий оборудование персонал и др.

Выбор месторасположения таких центров не должен быть чисто географическим. В обязательном порядке должен учитываться имеющийся ресурс и наработанный опыт. И такой опыт в России уже есть: Москва, ИКТИ РАН; Брянск, БГТУ; Ковров, КГТА; Нальчик, КБГУ, где созданы и оснащены инновационные научно-образовательные центры по подготовке и переподготовке инженерных кадров, по внедрению в машиностроительное производство высоких технологий и выработке рекомендаций по комплексному перевооружению промышленных предприятий.

Параллельно образовательные учреждения должны оснащаться современным оборудованием: приборами, оснасткой, программным обеспечением и т.п., чтобы выстраивался полный цикл от проектирования профильного изделия до его изготовления.

Работа эта сложная, затратная и достаточно длительная. Но без ее проведения ожидаемого эффекта от модернизации российского промышленного производства не будет. Только тогда, когда вузы начнут готовить для промышленности компетентные инженерные кадры, может быть достигнут успех. И эта работа по модернизации инженерного образования должна быть проделана в кратчайшие сроки. Затраты на указанную работу по сравнению с теми колоссальными убытками, которые несут промышленные предприятия, которые приобрели современное оборудование и технологии и не могут эффективно их использовать, будут мизерными.

Авторы статьи, понимая сложность проблемы, далеки от желания критиковать. Основная цель – обратить внимание на накопившийся за длительное время (более 8 лет), прежде всего научный, подтвержденный практикой опыт – на основе иного подхода к решению проблемы инженерных кадров.

С учетом вышеизложенного под методическим руководством Министерства образования и науки РФ необходимо разработать государственную целевую программу по развитию инженерного образования в образовательных учреждениях РФ, в которой нужно предусмотреть проведение следующих мероприятий:

1. Допустить возможность расширения, структурной гибкости и адаптации методов подготовки инженерных кадров.

2. Провести мониторинг в вузах РФ, осуществляющих подготовку инженерных кадров, по выявлению реального состояния кадрового обеспечения образовательного процесса, материально-технической базы, уровня использования современных информационно-коммуникационных технологий в процессе подготовки кадров, научных наработок по внедрению в образовательный процесс инновационных технологий обучения, интеграции с вузами и научными учреждениями РФ и зарубежных стран с целью выявления вузов и научных учреждений, предпочтительных к использованию в качестве опорных центров (центров коллективного пользования), для организации повышения квалификации и переподготовки преподавательских и инженерных кадров образовательных учреждений всех уровней.

3. На базе результатов проведенного мониторинга и выявленного опыта использования инноваций в учебном процессе создать сеть региональных инновационных научно-образовательных центров (ИНОЦ) по отраслям подготовки инженерных кадров. Оснастить (разработать программу по оснащению) эти центры техническими и технологическими средствами, программным обеспечением, средствами коммуникаций и иными необходимыми средствами для организации образовательного процесса. Подобрать преподавательский и инженерный персонал для работы в центрах. Определить принципы финансирования центров.

4. Разработать программу оснащения вузов России, осуществляющих подготовку инженерных кадров, современным технологическим оборудованием, приборами, иными техническими и технологическими средствами, программно-информационными продуктами, средствами коммуникаций и т.п.

5. Разработать целевую программу и план повышения квалификации и переподготовки кадров образовательных учреждений ВПО в созданных ИНОЦ.

6. Провести целевой конкурс и разработать план издания учебной, учебно-методической, справочной и иной литературы, по структуре и содержанию отвечающей требованиям ФГОС и современному состоянию развития науки, техники и технологии по отраслям промышленности. На первоначальном этапе рассмотреть возможности использования переводной учебной и иной литературы зарубежных авторов.

7. Разработать целевую программу по привлечению в вузы молодых перспективных специалистов, в том числе высшей квалификации, в качестве преподавателей; предусмотреть условия и льготы для этой категории работников.

8. Разработать систему мер по стимулированию профессорско-преподавательского состава и иных работников вузов, эффективно использующих в учебном процессе инновационные методы и технологии обучения.

9. Распространить изложенные мероприятия (с учетом специфики) на образовательные учреждения среднего и начального профессионального образования.

Все предлагаемые начинания будут иметь смысл и результат только в случае, если первоначально будет сформирована корректная и адекватная современным условиям точка зрения на качество и количество инженерных кадров и динамику изменения этих показателей. На сегодня она не сформирована и ошибочно считать, что потребитель (предприятия) могут ее предложить. Также ошибкой будет поручать в очередной раз разработку такой точки зрения «успешному» университету с его специфической, выгодной конкретно ему позицией.

В то же время авторы статьи обладают достаточным ресурсом и могут предложить научно обоснованный и экспертно поддержанный план основных мероприятий, позволяющих не только улучшить положение инженерного образования, но и претендовать на мировые позиции по некоторым его направлениям.

УДК 621.923:666.233

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛМАЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Яхутлов М.М., Карамурзов Б.С., Батыров У.Д., Карданова М.Р.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

martin_yah@mail.ru

Рассмотрены особенности математического моделирования алмазно-абразивных инструментов, определяемые уникальными физическими свойствами алмазов. Показано, что при моделировании системы алмаз–матрица необходимо учитывать нелинейность теплофизических свойств алмаза. Проанализированы результаты моделирования инструментов на твёрдосплавной и полимерной матрицах.

Ключевые слова: алмаз, матрица, математическая модель, температурное поле, напряженно-деформированное состояние.

FEATURES OF DIAMOND TOOLING MATHEMATICAL MODELING

Yahutlov M.M., Karamurzov B.S., Batyrov U.D., Kardanova M.R.

Kabardino-Balkarian State University of H.M. Berbekov

Special features of diamond-abrasive tools mathematical modeling, determined by physical properties of diamonds are discussed. It is shown that when modeling diamond matrix system it is necessary to consider nonlinearity of diamond thermal properties. The results of modeling tools on hard-alloy and polymeric matrixes are analysed.

Key words: diamond, matrix, mathematical model, thermal field, deflected mode.

Известно, что в алмазно-абразивных инструментах потенциальный ресурс алмаза используется крайне мало. По данным различных авторов, от 30 до 95 % и более зёрен выпадает из матрицы (связки), не достигая значительного износа, поэтому исследования и разработки по повышению работоспособности этих инструментов направлены прежде всего на более полное использование комплекса уникальных свойств алмаза как инструментального материала.

Рабочая часть этих инструментов – это композиционный материал, представляющий собой матричную систему, в которой связующее является непрерывной фазой, а зерна алмазов распределены в ней в виде включений. Как известно, одной из наиболее сложных задач при создании этих инструментов является обеспечение прочного и надежного закрепления алмаза в матрице (алмазоудержания). Это связано в основном с малыми размерами и неправильной геометрической формой технических алмазов, а также плохой смачиваемостью их поверхности расплавами связующих.

Природа контактного слоя между зерном и матрицей и процессы, происходящие в системе алмаз–матрица, в значительной степени определяют алмазоудержание и работоспособность алмазного инструмента в целом. Исследование физико-химических процессов, происходящих на границе зерна и связки при изготовлении инструмента, а также раскрытие физических явлений, происходящих в системе алмаз–матрица при действии силовых и температурных факторов эксплуатации инструмента, позволяют определить эффективные пути совершенствования состава и структуры их режущей части.

Наиболее эффективным методом исследования системы алмаз–матрица является численное моделирование. Это связано, с одной стороны, со сложностью экспериментальных исследований из-за малых размеров зерен и неоднородности свойств композита, а с другой – со сложностью аналитических математических моделей для исследований.

В качестве расчетной схемы целесообразно принять единичное зерно эллипсоидной формы, помещенное в матрицу, так как исследования [1] показали, что даже в инструментах с высокой концентрацией алмазов поля напряжений около зерен перекрываются незначительно. Что касается выбора формы зерна, эллипсоид вращения является наиболее приближенной к реальной форме зерна [2]. Кроме того, вариацией размеров полуосей эллипсоида можно моделировать различные его пропорции.

В расчетной схеме необходимо выделять переходный слой между алмазом и матрицей для моделирования различных покрытий на алмазные зёрна, широко применяемых в этих инструментах, а также слоя матрицы на границе с алмазом, имеющего отличные от основной её части свойства.

С точки зрения математического моделирования рассматриваемая система имеет следующие особенности, определяемые в основном уникальными свойствами алмаза.

1. Алмаз отличается существенной зависимостью теплофизических свойств от температуры. В диапазоне температур, имеющих место в процессе эксплуатации инструмента (от 20 ^{o}C до ~1000 ^{o}C), коэффициент теплопроводности уменьшается примерно в 7 раз, удельная теплоемкость увеличивается примерно в 3,5 раза, коэффициент линейного расширения увеличивается примерно в 4,5 раза (см. табл. 1).

Таблица 1

Зависимость теплофизических свойств алмаза от температуры

Коэффициент теплового расширения, $\alpha\ x10^6$, $град^{-1}$						
t, °C	25	125	225	325	525	925
α	1,05	1,79	2,70	3,17	3,81	4,93

Коэффициент теплопроводности, λ, $Вт/(м \cdot град)$						
t, °C	0	100	300	500	800	1000	1500
λ	146,5	96,2	50,2	33,5	29,3	25,1	20,9

Удельная теплоёмкость, c, $кДж/(кг \cdot град)$								
t, °C	20	75	175	275	425	525	725	925
c	0,502	0,706	1,003	1,237	1,493	1,617	1,794	1,884

Соответственно, исследования теплового режима в системе алмаз–матрица должны быть основаны на решении дифференциального уравнения теплопроводности в нелинейной постановке:

$$div(\lambda(t)\, grad\, t) - \rho \cdot c(t)\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0, \qquad (1)$$

где $t(x, y, z, \tau)$ – температура; $\lambda(t)$ – коэффициент теплопроводности; ρ – плотность; $c(t)$ – удельная теплоемкость; *x, y, z* – координаты; τ – время.

Аналогично расчёт температурных напряжений должен быть проведён с учетом зависимости $\alpha(t)$ (см. табл. 1).

Указанная нелинейность теплофизических свойств элементов определяет неэффективность использования для численного решения этой задачи существующих мощных и универсальных программных средств, основанных на применении метода конечных элементов. В связи с этим возникает необходимость создания специализированного программного комплекса, ориентированного на решение данной задачи.

Правильность и целесообразность такого подхода подтвердили результаты численного моделирования стационарного и нестационарного полей температур, деформаций и напряжений в системах алмаз–твёрдосплавная матрица [3] и алмаз–полимерная матрица [4], выполненного решением двухмерной задачи термоупругости с использованием метода конечных элементов. Численные эксперименты показали, что погрешности расчетов температур и напряжений по линейной модели достигают 20–25 %. На рис. 1 представлены закономерности изменения температурных напряжений в переходном слое твёрдосплавной матрицы, полученные численным решением уравнения (1) в стационарной постановке с соответствующими граничными условиями и при постоянных значениях теплофизических свойств алмаза, равных их средним значениям в диапазоне температур от 20° до 1000 °С.

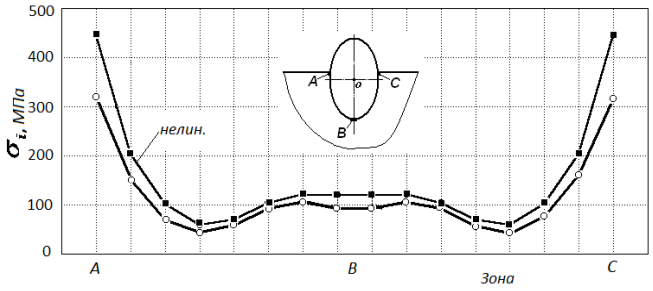


Рис. 1. Распределение интенсивности температурных напряжений σ_i в переходном слое матрицы

2. Система алмаз–матрица отличается значительным градиентом физических свойств элементов. В табл. 2 приведены физические свойства алмаза, а также полимерной и твёрдосплавной матриц.

Таблица 2

Физические свойства элементов конструкции (при 20 °С)

Материал	Плотность $\rho x10^{-3}$, $\frac{кг}{м^3}$	Модуль упругости E, $ГПа$	Коэфф. Пуассона ν	Коэфф. теплопров. λ, $\frac{Вт}{м \cdot град}$	Удельная теплоёмк. c, $\frac{кДж}{кг \cdot град}$	Коэфф. теплового расшир. $\alpha \times 10^6$, $град^{-1}$
Алмаз	3,52	900	0,072	146,50	0,502	1,05
Бакелитовая матрица	1,30	4	0,30	0,18	1,600	70
Твёрдосплавная матрица	11,50	250	0,30	150	0,250	5,5

Эта особенность определяет скачки напряжений на границе алмаз–матрица. На рис. 2 приведены результаты моделирования поля температурных напряжений в системе алмаз–полимерная матрица. Видно, что максимальная интенсивность напряжений приходится на переходный слой. При этом имеет место резкое увеличение интенсивности напряжений при переходе от поверхности зерна в покрытие. Далее, по мере удаления от контактной зоны, напряжения плавно уменьшаются.

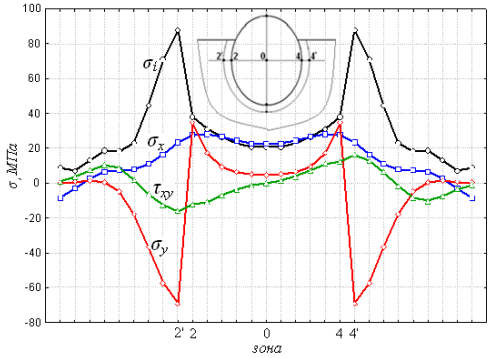


Рис. 2. Распределение температурных напряжений в сечении по горизонтальной оси зерна: $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ – нормальные и касательное напряжения; σ_i – интенсивность напряжений

Указанный градиент свойств приводит к ещё одной интересной закономерности. Моделирование напряжённо-деформированного состояния при различных условиях эксплуатации инструментов на полимерной и твёрдосплавной матрицах показывает [4, 5], что температурные напряжения в системе алмаз–матрица существенно превышают напряжения от силовых воздействий. На рис. 3 показано распределение интенсивности напряжений в переходном слое при действии силы резания и соответствующего удельного теплового потока в отдельности, а также при их совместном действии.

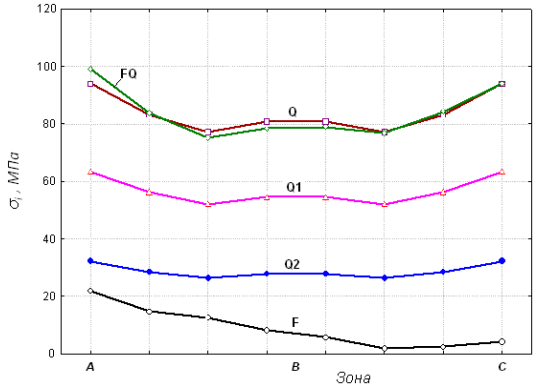


Рис. 3. Распределение интенсивности напряжений в переходном слое при действии нагрузки: силовой *(F)*; соответствующей тепловой $Q = 3 \cdot 10^6 \left(Bm / м^2\right)$; силовой и тепловой *(FQ);* тепловой $Q1 = 2 \cdot 10^6$; тепловой $Q2 = 10^6$

Моделирование алмазного инструмента в целом (или его части) проводится в основном для решения задач обеспечения прочности отдельных элементов и стойкости. Для этих случаев успешно используются универсальные пакеты программ, основанные на методе конечных элементов. При этом, поскольку область, в которой изучаются поля температур, напряжений и деформаций, во много раз превышает объемы, где ощутимо различие компонентов структуры, композиционный алмазосодержащий материал представляется, как правило, однородным телом с приведенными физическими свойствами. Поскольку экспериментальных данных о свойствах этих композитов недостаточно, они рассчитываются по свойствам компонентов на основе методов, используемых в теории композиционных материалов.

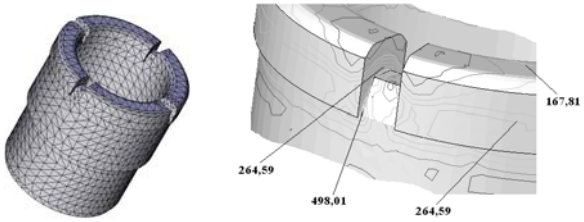


Рис. 4. Изолинии интенсивности напряжений (МПа) от силовых и температурных возмущений

Моделирование полей напряжений в алмазных отрезных камнеобрабатывающих кругах и буровых коронках в условиях их эксплуатации с использованием программного комплекса COSMOS Works показало, что имеет место та же закономерность, что и на уровне алмаз–матрица: определяющую роль играют температурные напряжения. Это, очевидно, связано также с градиентом теплофизических свойств элементов конструкции инструмента – алмазоносной части, припоя и корпуса. На рис. 4 приведены результаты моделирования напряжений в алмазной буровой коронке.

Отмеченные особенности моделирования алмазных инструментов, а также приведенные результаты численных экспериментов будут полезны специалистам в данной области исследований при решении задач оптимизации конструкций, технологий изготовления и режимов эксплуатации алмазно-абразивных инструментов.

Библиография

1. Yang Dong Y., Seired Ali A. Model for predicting residual stresses in metal cutting // Proc. Jap. Int. Tribol. Conf. Nagoya, Oct.29-Nov. I. 1990. – Tokyo, 1990. – Vol. I. – P. 439–444.

2. Лавриненко В.И., Шепелев А.А., Петасюк Г.А. Модели формы зерен СТМ // Сверхтвердые материалы. – 1994. – № 5–6. – С. 18–21.

3. Яхутлов М.М., Карамурзов Б.С., Батыров У.Д., Беров З.Ж., Карданова М.Р. Тепловой режим и напряженно-деформированное состояние системы зерно–матрица алмазного инструмента // Сверхтвёрдые материалы. – 2011. – № 5. – С. 88–100.

4. Карданова М.Р., Лигидов М.Х., Шхануков-Лафишев М.Х., Яхутлов М.М. Моделирование температурного поля в композиционном алмазосодержащем материале на органической матрице // Пластические массы. – 2010. – № 5. – С. 34–38.

5. Яхутлов М.М., Карамурзов Б.С., Батыров У.Д., Ошхунов М.М., Карданова М.Р. Напряженно-деформированное состояние системы зерно–матрица алмазного инструмента при силовых возмущениях // Сверхтвердые материалы. – 2009. – № 6. – С. 81–88.

УДК 621.73.01

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ И МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Тлибеков А.Х., Лю Цзои, Досько С.И.

МГТУ «Станкин»

tlibekov@weber.ru

В статье рассмотрены многодисциплинарные и многокритериальные задачи оптимизации на всех этапах проектирования изделий. Предложен алгоритм решения задач оптимизации на основе методов ЛП-поиска, поведенческих методов и генетических алгоритмов.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, управляемые параметры, целевая функция, критерий оптимальности, принцип оптимальности.

MULTI-CRITERIA AND MULTI-MODAL OPTIMIZATION PROBLEMS IN THE DESIGN TECHNOLOGIES

Tlibekov A.H., Lu Tsoyi, Dos'ko S.I.

MSTU «STANKIN»

The article describes the multidisciplinary and multi-criteria optimization problems at all stages of the ektirovaniya products. The algorithm for solving optimization problems based on the methods of LP-search, behavioral techniques and genetic algorithms.

Key words: multicriterion optimization, controlled parameters, efficiency function, criterion of optimality, principle of optimality.

В задачах оптимизации под термином «*управляемые параметры*» понимают независимые переменные $\alpha_1, \ldots, \alpha_r$, содержащиеся в уравнениях задачи оптимизации. Их значения изменяются в процессе оптимизации. Задаются пределы изменения управляемых параметров, или «*параметрические ограничения*»:

$$\alpha_j^* \le \alpha_j \le \alpha_j^{**}, \quad j = \overline{1,r},$$

которые выделяют в *r*-мерном пространстве управляемых параметров параллелепипед *П*; длина граней параллелепипеда $I_j = \alpha_j^{**} - \alpha_j^*$ определяет «*длину интервала неопределенности*».

Рассматриваются также и «*функциональные ограничения*»

$$c_i^* \le f_i(\alpha) \le c_j^{**}, \quad i = \overline{1,l},$$

где функции $f_i(\alpha)$ задают условия, накладываемые на решение модели, или соотношения между параметрами модели.

«*Целевая функция*» или «*критерий оптимальности*» $\Phi_v(\alpha)$ – это характеристики объекта оптимизации. Целевая функция позволяет количественно сравнить два или более альтернативных варианта управляемых параметров. В ряде задач оптимизации требуется рассматривать несколько целевых функций. Такая оптимизация называется «*многокритериальной*», а отдельные целевые функции – критериями оптимальности. Когда их значения, например, должны быть минимальны, установлена верхняя граница для каждого критерия:

$$\Phi_v(\alpha) \le \Phi_v^{**}, \quad v = \overline{1,k}.$$

Все ограничения: параметрические, функциональные и по критериям оптимальности – выделяют допустимое множество $D \subseteq П$.

«Принцип оптимальности»: оптимальное решение найдено, когда все критерии оптимальности улучшили свои значения, т.е. те, которые должны увеличиться, увеличились, а те, которые должны уменьшиться, уменьшились. Этот принцип называется принципом оптимальности по Парето, согласно которому требуется найти такое множество Парето *P*, $P \subseteq D$, для которого

$$\Phi(P) = \min_{\alpha \in D} \Phi(\alpha),$$

где $\Phi(\alpha) = \{\Phi_1 \alpha\ (), \ldots, \Phi_k(\alpha)\}$ – целевая функция.

В результате решения задачи определяется вектор α^0, принадлежащий множеству *P* и являющийся наиболее предпочтительным, или оптимальным, из векторов этого множества.

Предлагаемый алгоритм вычислений основан на методах ЛП-поиска [1–2], поведенческих методах [3–5] и генетических алгоритмах [6–9] и содержит следующие основные этапы:

1. *Формирование вариантов управляемых параметров модели (детерминированный метод)*

Для каждого управляемого параметра выполняется деление интервала неопределенности I_j на F_d равноотстоящих точек, где F_d – число из последовательности Фибоначчи. В результате формируется матрица варьирования управляемых параметров

$$A_{rF_d} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \cdots & \alpha_{1F_d} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{r1} & \cdots & \alpha_{rF_d} \end{bmatrix}.$$

Разность между соседними элементами строк матрицы в пределах строки постоянна. Строки матрицы представляют линейную сетку по каждому управляемому параметру. Вариант управляемых параметров содержит значения, последовательно выбранные по одному из каждой строки матрицы A_{rF_d}.

2. Расчет значений критериев эффективности для вариантов управляемых параметров

В результате решения уравнений модели формируется матрица критериев эффективности для каждого из вариантов управляемых параметров

$$\Phi_{nk} = \begin{bmatrix} \Phi_{11} & \cdots & \Phi_{1k} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Phi_{n1} & \cdots & \Phi_{nk} \end{bmatrix}.$$

По каждой строке матрицы выполняется поиск максимальных значений, формируется вектор максимальных значений $\Phi_{t,max}=\{\Phi_{1,max}, \ldots, \Phi_{v,max}\}$ и производится нормирование матрицы критериев эффективности

$$\Phi_{tv}^{n} = \frac{\Phi_{tv}}{\Phi_{t,max}}, \qquad t = \overline{1,n}.$$

3. Поиск минимального значения целевой функции

Минимальное значение целевой функции Φ_{min} равно:

$$\Phi_{t,min} = \sqrt{\left(\Phi_{t,1}^{n}\right)^2 + \cdots + \left(\Phi_{t,k}^{n}\right)^2}, \qquad t = \overline{1,n}$$

$$\Phi_{min}(\alpha_{1s}^{0}, \ldots, \alpha_{rs}^{0}) = \min \Phi_{t,min},$$

где s – номер итерации поиска; $\alpha_{1s}^{0}, \ldots, \alpha_{rs}^{0}$ – точка промежуточного оптимума (если $s = 0$, «нулевая точка»).

4. Сужение интервала неопределенности около точки промежуточного оптимума:

$$\alpha_j^{*} = \alpha_{js}^{0} - K_c I_j, \quad \alpha_j^{**} = \alpha_{js}^{0} + K_c I_j,$$

где $K_c < 1{,}0$ – коэффициент сужения интервала неопределенности.

5. Скрещивание

5.1. Формирование начальной «популяции особей» (формирование вариантов управляемых параметров) комбинированным методом, включающим детерминированный метод и метод случайных чисел.

5.2. Скрещивание «особей» методом «панмиксии». Генерируются совокупности случайных целых чисел: $1 \le s \le K_s$ (целые числа) и $0{,}0 \le p \le 1{,}0$. Ситуация совпадения чисел s ислючается. Каждой «особи» ставится в соответствие одно из чисел s. Брачная пара образуется выбором двух пар случайных чисел: s_1 и s_2; p_1 и $p_2 = 1{,}0 - p_1$. Формируются новые «гены» $\alpha_j - p_1\alpha_{s_1} + p_2\alpha_{s_2}$, образующие новые «хромосомы» и новое поколение из K_s «особей».

5.3. Вычисление «пригодностей хромосом». Для каждой «хромосомы» из начальной «популяции» вычисляется ее «пригодность» (или для каждого вектора управляемых параметров вычисляется значение целевой функции). Минимальному значению «пригодности» соответствует «перспективная хромосома». Поиск минимального значения «пригодности» (поиск минимального значения целевой функции) выполняется по методу п. 3.

6. *Мутации*

Изменению подвергается каждый «ген перспективной хромосомы» α_{js}^{0} в пределах $\alpha_j^{*} \le \alpha_j \le \alpha_j^{**}$.

Вычисляется «пригодность мутированной хромосомы» и выполняется поиск минимального значения пригодности по методу п. 3.

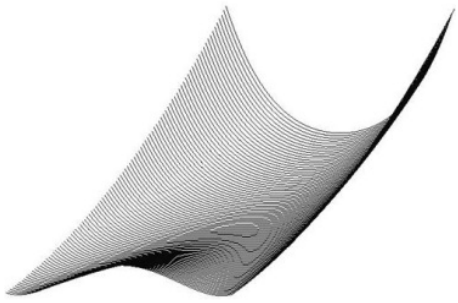
7. Расширение интервала неопределенности около точки промежуточного оптимума:

$$\alpha_j^{*} = \alpha_{js}^{0} - K_p I_j, \quad \alpha_j^{*} = \alpha_{js}^{0} + K_p I_j,$$

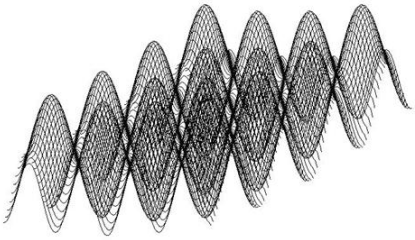
где $K_p \ge 1{,}0$ – коэффициент расширения интервала неопределенности.

8. Остановка вычислений выполняется в зависимости от количества управляемых параметров r контролем принятого предельного количества итераций поиска S_{max} и заданного предела изменения целевой функции Δ_{max}

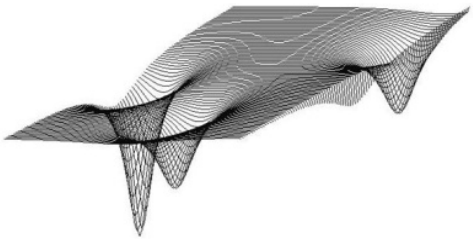
Предложенный алгоритм тестировался на основе использования классических тестовых функций Розенброка, Растригина, Шекеля и Химмельблау (см. рисунок).



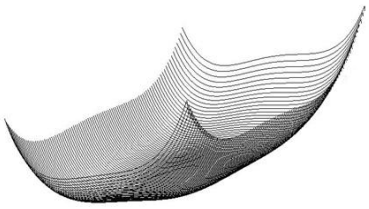
а)



б)



в)



г)

Рисунок. Фрагменты поверхностей тестовых функций в пределах параметрических ограничений (таблица):
а – Розенброка (Rozenbrok); б – Растригина (Rastrigin); в – Шекеля (Shekel); г – Химмельблау (Himmelblau)

Точки оптимума и описательная статистика тестовых функций при использовании предложенного алгоритма представлены в таблице.

Таблица

Точки оптимума и описательная статистика тестовых функций,
полученные решением задачи оптимизации с использованием генетического алгоритма

Описательная статистика	Функция							
	Розенброка		Растригина		Шекеля		Химмельблау	
	Глобальный минимум достигается в точке с координатами:							
	$\alpha_1 = 1{,}0$	$\alpha_2 = 1{,}0$	$\alpha_1 = 0{,}0$	$\alpha_2 = 0{,}0$	$\alpha_1 = 2{,}0$	$\alpha_2 = 10{,}0$	$\alpha_1 = 3{,}0$	$\alpha_2 = 2{,}0$
Среднее	1,00108	1,00176	0,00000	0,00000	2,00030	10,00000	2,99983	1,99991
Стандартное отклонение	0,01104	0,02166	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00203	0,00654
Дисперсия выборки	0,00012	0,00047	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,000004	0,000043
Минимум	0,98199	0,96446	0,00000	0,00000	2,00030	10,00000	2,9969	1,9882
Максимум	1,01240	1,02560	0,00000	0,00000	2,00030	10,00000	3,0035	2,0114
Уравнения тестовой функции и параметрические ограничения:								
Розенброка	$F(\alpha_1,\alpha_2) = 100(\alpha_2 - \alpha_1^2)^2 + (1-\alpha_1)^2$; $-5{,}0 \le \alpha_1 \le 5{,}0$; $-5{,}0 \le \alpha_2 \le 5{,}0$.							
Растригина	$F(\alpha_1,\alpha_2) = 20 + \alpha_1^2 + \alpha_2^2 - 10(\cos 2\pi\alpha_1 + \cos 2\pi\alpha_2)$; $-2{,}0 \le \alpha_1 \le 2{,}0$; $-2{,}0 \le \alpha_2 \le 2{,}0$							
Шекеля	$F(\alpha_1,\alpha_2) = [1 + (\alpha_1-2)^2 + (\alpha_2-10)^2]^{-1} + [2 + (\alpha_1-10)^2 + (\alpha_2-15)^2]^{-1} + [2 + (\alpha_1-18)^2 + (\alpha_2-4)^2]^{-1}$; $0 \le \alpha_1 \le 20{,}0$; $0 \le \alpha_2 \le 20{,}0$.							
Химмельблау	$F(\alpha_1,\alpha_2) = (\alpha_1^2 + \alpha_2 - 11)^2 + (\alpha_1 + \alpha_2^2 - 7)^2$; $-10{,}0 \le \alpha_1 \le 10{,}0$; $-10{,}0 \le \alpha_2 \le 10{,}0$							

Библиография

1. Соболь И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями качества. – М.: Наука, 1981. – 110 с.

2. Статников И.Н., Фирсов Г.И. ПЛП-поиск – эвристический метод решения прикладных задач оптимизации // Практика применения научного обеспечения в образовании и научных исследованиях. – СПб.: СПбГУ, 2003. – С. 54–57.

3. Karaboga D. An idea based on honey bee swarm for numerical optimization. Technical report – TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department, 2005.

4. Pham D.T., Ghanbarzadeh A., Koc E., Otri S., Rahim S., Zaidi M. The Bees Algorithm // Technical Note, Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University, UK, 2005.

5. Гришин А.А., Карпенко А.П. Исследование эффективности метода пчелиного роя в задаче глобальной оптимизации // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». 08 августа 2010.

6. Ворожейкин А.Ю., Семенкин Е.С. Вероятностный генетический алгоритм для задач многокритериальной оптимизации // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2007. – № 3. – С. 41–45.

7. Исаев С.А., Виндман П.А. Оптимизация многоэкстремальных одномерных функций с помощью генетических алгоритмов // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Математическое моделирование и оптимальное управление. – 2003. – № 1. – С. 180–189.

8. Курносова Е.Е., Полупанов А.А. Методы повышения качества решений в эволюционно-генетических алгоритмах // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2009. – Т. 93, № 34. – С. 62–66.

9. Демина А.А., Арзамасцев А.А. Генетический алгоритм // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и техничесие науки. – 2009. – Т. 14, № 1. – С. 241.

УДК 621.7.02

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ И ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В МАТЕРИАЛЕ ПРИ РЕЗАНИИ

Куликов М.Ю., Флоров А.В., Сан Маун

Институт конструкторско-технологической информатики РАН

muk.56@mail.ru

В статье рассматривается возможность создания более простой методики расчета температурного поля, возникающего в материале при резании, и определения температурных деформаций в инструменте и заготовке. Предложен новый методический подход определения температурного поля и температурных деформаций в материале при резании.

Ключевые слова: температурные деформации, температурное поле, расчет температуры.

DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THERMAL FIELDS AND TEMPERATURE – INDUCTED DEFORMATIONS IN MATERIAL DURING CUTTING

Kulikov M.U., Florov A.V., San Maun

Design-technological informatics Institute of RAS

In this article we examine the opportunity of creating more simple technique for calculation of temperatural field, appearing in material during cutting and determination of temperature deformation in a tool and blank. Here it's offered a new methodical way of the temperatural field and temperatual deformations in material during cutting.

Key words: temperatural deformations, temperatural field, calculation of the temperature.

В практических задачах обработки металлов резанием все более настойчиво заявляет о себе задача учета тепловых деформаций, возникающих от нагрева инструмента и детали.

Поэтому возрастает актуальность разработки сравнительно простых и наглядных трактовок теплофизических задач и методов расчета температурных полей и деформаций, доступных для широкой практики.

Тепловая энергия распространяется в теле от более горячего к более холодному материалу по температурному градиенту. Два и более малых элемента тела, плотно расположенные в нормальной к градиенту плоскости, имеют равную температуру. Такую нормальную к градиенту плоскость называют изотермой. Через такие элементы проходит «трубка плотно объединенных градиентов», через стенки которой тепло не перемещается. Такие трубки называют трубками тока тепла [1], или адиабатными. Тепло, движущееся вдоль такой трубки, для любой ее «продольной точки» есть величина постоянная. Каждая трубка имеет координатно-определенный горячий вход на горячей поверхности и соответствующий ему координатно-определенный холодный выход на холодной поверхности. Это соответствие дает нам право говорить об отображении входа определенной трубки в ее выход. Свойство отображения входа в выход есть фундаментальное свойство движения тепла.

Существенно и другое. Процесс движения тепла имеет два периода: нагревание тела, накопление в нем тепла (выход процесса на стационарный режим) и стационарное движение тепла по адиабатным трубкам. На периоде нагревания тела адиабатные трубки еще не сформировались и их топология не определилась. Но на всем первом периоде их формирование происходит в границах стационарной топологии и заканчивается ею. Поэтому в задаче движения тепла по адиабатным трубкам стационарный режим имеет калибровочное значение. Он формирует топологию и первого, и второго периода.

Каждая адиабатная трубка имеет свою форму, свою кривизну. Они обусловлены «обжатием» всей системы трубок внешней формой тела. Но у каждой «кривой» трубки есть свой «прямой» теплофизический аналог. Это усеченный конус, имеющий площади оснований, а также высоту, равные площадям входа и выхода и длине средней линии кривой трубки соответственно. Рассмотрим такой теплофизический аналог градиентной трубки (см. рисунок).

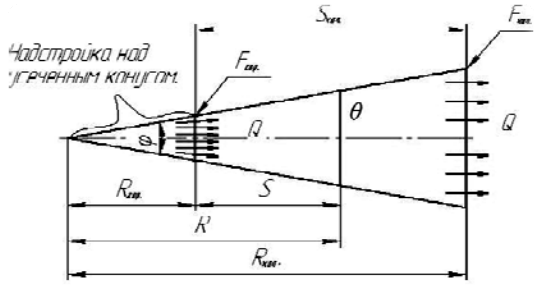


Рисунок. Теплофизический аналог градиентной трубки

Здесь мы можем ввести три рабочие гипотезы, которые, на наш взгляд, для большинства случаев воспринимаются как очевидные, как аксиомы.

1. Усеченный конус-аналог адиабатной трубки имеет постоянный по высоте трубки телесный угол φ:

$$\varphi = \frac{F}{R^2};$$

2. Для всех и каждой трубки «угловая теплонапряженность» (тепловая энергия на единицу телесного угла) всей системы трубок есть величина равная:

$$K = \frac{Q}{\varphi}.$$

3. Температура материала конуса в стационарном процессе передачи тепла от меньших его размеров к большим определяется формулой [2]:

$$\theta = \theta_0 + \frac{Q}{\lambda \varphi R},$$

где θ_0 – температура материала конуса при $R \to \infty$.

Первая гипотеза в большей степени является допущением и освобождает нас от специфики учета форм некоторых сложных тел. Её можно преодолеть и получить условие учета и сложных форм. Мы же здесь продолжим разработку на уровне уже сформулированных трех гипотез.

Для каждого конуса с учетом трех гипотез системы трубок можно записать:

$$R_{гор} = \sqrt{\frac{F_{гор}}{\phi}},$$

$$F_{хол} = \phi R_{хол}^2 = \phi (R_{гор} + S)^2 = \frac{Q}{K}(R_{гор} + S)^2,$$

$$F_{хол} = \frac{Q}{K}\left(\sqrt{\frac{F_{гор}}{Q}K} + S\right)^2.$$

$F_{хол}$ и $F_{гор}$ – это не суммарные, а *ij*-е. То есть, задавая разбиение нашего источника на $F_{горij}$-тые площади, мы можем находить соответствующие $F_{холij}$-е площади.

Теперь все значки у нас *ij*-е, кроме *K*, и мы имеем право написать:

$$\sum_{ij} \frac{Q}{K}\left(\sqrt{\frac{F_{гор}}{Q}K} + S\right)^2 = F_{хол\,\Sigma}.$$

$F_{хол\Sigma}$ – полная холодная поверхность.

Решаем данное уравнение итерацией относительно *K*. Здесь Q_{ij}, $F_{гор\,ij}$ и S_{ij} – исходные данные. Задаем исходное значение $K=K_0$. Необходимо подобрать такое *K,* чтобы:

$$\min_K \left(F_{хол\,\Sigma} - \sum_{ij} \frac{Q_{ij}}{K}\left(\sqrt{\frac{F_{гор\,ij}}{Q_{ij}}K} + S_{ij}\right)\right)^2.$$

При известном *K* можем вычислять углы φ и площади холодных торцевых оснований трубок, а значит – знаем их точное расположение в материале. Система трубок, построенная на таком принципе, при заданном температурном поле на входе в блок материала позволяет определить тепловые потоки и температурное поле во всем блоке, в том числе и на плоскостях стоков.

Такая задача алгоритмизируется и решается минимизацией квадрата отклонения температурного потока на входах от потока во внешнюю среду по температуре поля на входе и имеет вид [2, 3, 4]:

$$\min_{\theta_0(S_{гор})} \left\{Q_{ст}\left[\theta(S_{хол})\right] - Q_{ист}\right\}^2,$$

где $\theta(S_{хол}) = \theta_0 + \frac{Q}{\lambda \phi S}$.

Для того, чтобы вычислить температурное удлинение материала и, соответственно, тепловые деформации, необходимо взять сумму произведений температур на определенных участках материала и коэффициента температурного расширения:

$$\Delta L = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha l_i (\theta_i - \theta_0),$$

где, θ_0 – температура внешней среды, α – коэффициент линейного расширения, i =1, n – температура на разных участках тела.

Одним из эффективных способов повышения точности механической обработки является теплофизический анализ [3]. Представленная в данной работе методика позволяет с применением несложной вычислительной процедуры получать с инженерной точностью температуру в любой точке исследуемого объекта и на основе полученных температур вычислять температурные деформации. Полученные результаты можно использовать при программировании станков с числовым программным управлением, внося корректировку в управляющую программу.

Библиография

1. Фокин В.М., Бойков Г.П., Видин Ю.В. Основы технической теплофизики. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 279 с.

2. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел / пер. со второго англ. изд. / под ред. проф. А.А. Померанцева. – М., 1964. – 488 с.

3. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах: учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения» и «Металлорежущие станки и инструменты». – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.

4. Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов: учебник. – М.: Высш. шк., 2009. – 535 с.

УДК 681.51.011

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОТОТИПЫ ЧЕРТЕЖЕЙ И 3D-МОДЕЛЕЙ

Евдокимов С.А., Краснов А.А.

МГТУ «Станкин»

avr48@rambler.ru

В статье описаны графические системы нового поколения, содержащие специальные средства, которые без явного программирования позволяют пользователям определять взаимосвязи между отдельными элементами модели и создавать параметрическую модель изделия. Рассмотрены особенности использования внешних фрагментов при параметризации в современных графических системах.

Ключевые слова: параметрическая графическая модель, прототип чертежа, 3D-модель, графические системы.

PARAMETRIC PROTOTYPE DRAWINGS AND 3D-MODELS

Evdokimov S.A., Krasnov A.A.

Stankin Moscow State Technological University (Stankin MSTU)

In the article are shown graphics system of the new generation have special tools that without explicit programming allows users to define the relationship between the individual elements of the model and create a parametric model of the product. There is shown the table with the use of external features fragments parameterized in current graphics systems.

Keywords: parametric model, prototype drawings, 3D-models, graphic systems.

В машиностроении большой объем знаний накоплен в виде параметрических графических образов. Это нормализованные детали и узлы различного функционального назначения, зафиксированные в стандартах (ГОСТ, СТП) и других справочниках. Как правило, эта информация представлена в виде параметрических чертежей и эскизов.

Пользователи автоматизированных систем нуждаются в графическом документировании различных этапов проектирования объекта. Графическая база знаний является важной составляющей САПИР, которая обеспечивает конструкторско-чертежную поддержку проектирования. Правильно созданная графическая база знаний призвана сократить до минимума время проектирования путем многократного использования типовых графических заготовок, оформленных в виде параметрических моделей (чертежей, 3D-моделей деталей, сборок или их фрагментов).

Параметрической графической моделью будем называть набор взаимосвязанных графических элементов, состав, размеры и расположение которых управляются списком переменных параметров. Таблица переменных параметров является частью параметрической графической модели. В современных графических системах (T-FLEX CAD, Pro/ENGINEER, SolidWorks, Unigraphics) [1–4] , как правило, основными колонками таблицы переменных являются:

– имя/идентификатор переменной;

– выражение для переменной (в частном случае – константа);

– значение переменной, вычисленное по выражению;

– комментарий, полное название переменной.

Одной из основных особенностей графической системы является возможность создания параметрических моделей без участия программистов. Пользователь-конструктор должен иметь возможность самостоятельно средствами графической системы создать параметрическую модель.

Практически во всех графических системах старого поколения предусмотрена возможность написания программ, которые по определенному алгоритму формируют чертежи. Для этого в рамках графической системы создаются специальные языки программирования с расширенными графическими возможностями. Опыт показал, что использование языка программирования не может служить основным средством для получения чертежей. Специализированные языки программирования являются дополнительным средством, которое дает возможность программистам использовать данную графическую систему в автоматизированном проектировании.

Графические системы нового поколения содержат специальные средства, которые без явного программирования позволяют пользователям определять взаимосвязи между отдельными элементами модели и создавать параметрическую модель изделия.

В отличие от конкретного чертежа или 3D-модели параметрическая графическая модель предназначена для создания многих чертежей или 3D-моделей в зависимости от конкретного набора параметров, полученных при проектировании конкретного изделия. Параметрическую графическую модель, расположенную в графической базе знаний, будем называть **прототипом чертежа или 3D-модели**.

Работа с графическими прототипами осуществляется следующим образом (рис. 1):

1) на этапе создания САПИР:

- на основе нормативно-справочной информации создается параметрическая модель изделия;
- параметры модели заносятся в словарь понятий. Для расчета параметров модели создаются проектные процедуры;

2) на этапе эксплуатации:

- выполняется расчет значений параметров проектируемого объекта;
- значения параметров вместе с выбранным графическим прототипом передаются в графическую систему, которая выполняет параметризацию и создает конкретный чертеж или графический фрагмент;
- при необходимости полученный чертеж проектируемого изделия редактируется (дорабатывается) и выводится на печать. Полученный графический фрагмент может быть нанесен в определенное место другого чертежа.

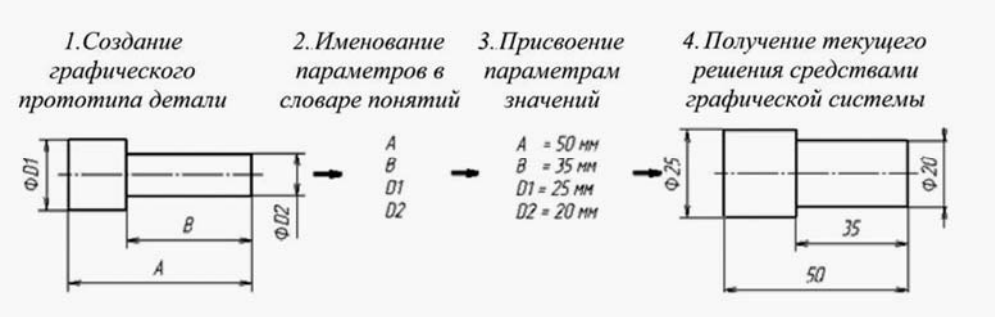


Рис. 1. Реализация графических зависимостей на основе параметрического прототипа

Различные варианты исполнения деталей

В машиностроении для придания дополнительной функциональности детали или узлу используются различные варианты исполнения. Например, дополнительное отверстие в хвостовике требуется для размещения толкателя системы выталкивания в совмещенных штампах (рис. 2).

Для реализации различных вариантов исполнения удобно использовать логические переменные или выражения. В зависимости от значения переменной соответствующие графические элементы либо включаются в модель, либо исключаются из нее. Логическое выражение может строиться на основе переменных, которые определяют конкретное исполнение. Это может быть либо номер исполнения (целая переменная со значениями 1, 2 и т.д.), либо название исполнения (например, «с отверстием под толкатель», «без отверстия под толкатель»). При использовании названий исполнения необходимо применять текстовую переменную, значения которой заданы перечислением вариантов. В этом случае пользователь не вводит текстовое значение с клавиатуры, а выбирает его из списка возможных вариантов.

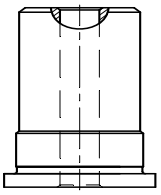


Рис. 2. Пример хвостовика с отверстием под толкатель

Дополнительные графические элементы (конструктивные элементы) хранятся внутри файла модели. Это усложняет создание и модификацию параметрической модели. При наличии большого числа вариантов исполнения параметрическая модель становится слишком сложной. В этом случае имеет смысл говорить не о вариантах исполнения, а о наличии различных конструкций одного функционального назначения.

Если в случае различных вариантов исполнения дополнительные конструктивные элементы параметрической модели хранились внутри одного файла, то различные конструкции сохраняются в разных файлах. Это упрощает создание и модификацию параметрической модели. Четкая граница между этими вариантами отсутствует. Эти два варианта параметризации дополняют друг друга.

Использование внешних фрагментов в графических моделях

Графический прототип может быть оформлен как чертеж или как фрагмент чертежа. Чертеж имеет форматку, а фрагмент чертежа не имеет форматки. Основное различие между фрагментом и чертежом состоит в том, что фрагмент имеет локальную систему координат и точки (способ) привязки и может быть многократно встроен в чертеж или другой фрагмент. Аналогично, фрагмент 3D-модели имеет способ привязки и может быть многократно встроен в другую 3D-модель.

В трехмерном моделировании имеются модели деталей и сборок. Как правило, каждая 3D-модель сохраняется в отдельном файле. Файл с 3D-моделью сборки ссылается на файлы 3D-моделей деталей. Таким образом, модели деталей, которые составляют модель сборки, являются фрагментами. Однако в данной ситуации понятие фрагмента не используется.

Понятие фрагмента в трехмерном моделировании можно применять к моделям, которые не являются деталями или сборками из деталей. Фрагментом можно считать часть модели детали или сборки, которая не является отдельной деталью или сборкой из деталей.

Поясним понятие фрагмента на примере хвостовиков, применяемых в штампах холодной листовой штамповки (ХЛШ) [5–6] (рис. 3).

а) Хвостовик с буртиком б) Хвостовик с резьбой

Рис. 3. Варианты конструкций хвостовиков штампов

При проектировании штампов в компьютерной базе знаний имеется 5 типов хвостовиков. Каждый хвостовик оформлен в виде отдельного объекта и имеет словарь понятий, сценарий проектирования и набор параметрических графических прототипов. Крепление хвостовика к верхней плите зависит от типа хвостовика, поэтому набор графических прототипов для хвостовика должен содержать следующие графические файлы:

- модель детали «хвостовик...» (чертеж, 3D-модель);
- фрагмент отверстий для крепления хвостовика в верхней плите;
- фрагмент отверстий для модели верхней плиты;
- фрагмент сборки верхней плиты с хвостовиком для сборки штампа.

Следует учесть, что существует 9 типов блоков штампов и все блоки имеют различные конфигурации верхних плит, поэтому простым перебором вариантов графических моделей сборок обойтись нельзя. Если задача создания моделей деталей с различными вариантами исполнения почти решена во всех современных графических системах, то создание моделей деталей с использованием фрагментов формализована очень слабо.

Рассмотрим схему работы с графическими моделями, используемую в САПИР. Например, в базе знаний по проектированию штампов ХЛШ имеются следующие объекты:

- хвостовик с буртиком;
- хвостовик с резьбой;
- блок штампа с диагональным расположением направляющих узлов;
- блок штампа с задним расположением направляющих узлов.

Способ размещения хвостовика в верхней плите блока штампа определяется проектируемой конструкцией (штампом) и является одинаковым для всех типов хвостовиков и плит. Ось хвостовика совпадает с осью, перпендикулярной верхней плите блока штампа, которая (ось) проходит через центр давления контуров штампуемой детали. Таким образом, если задать одинаковые имена файлов графических моделей для различных объектов одного функционального назначения, то файл сборки некоторого хвостовика зависит от типа блока штампа и является частью соответствующего объекта.

Например, в базе знаний имеются следующие графические прототипы:

- хвостовик имеет следующие графические модели:
  - mhv – модель детали «хвостовик»;
  - hvo – фрагмент отверстий для крепления хвостовика в верхней плите;
- блок штампа имеет следующие графические модели:
  - mpv – модель верхней плиты с фрагментом отверстий под хвостовик;
  - sbl – модель сборки блока штампа с моделью детали «хвостовик».

При проектировании штампа конструктор выбирает конкретный блок штампа и конкретный хвостовик и выполняет расчет параметров. Соответствующие файлы с прототипами деталей и сборок из базы знаний копируются в папку проекта. После подстановки требуемых параметров в параметрические модели в папке проекта имеются следующие файлы графических моделей:

- mhv – модель детали «хвостовик»;
- hvo – фрагмент отверстий для крепления хвостовика в верхней плите;
- mpv – модель верхней плиты с фрагментом отверстий под хвостовик;
- sbl – модель сборки блока штампа с моделью детали «хвостовик».

Особенности использования этой методики в современных графических системах сведены в таблицу.

Таблица

Использование внешних фрагментов в графических системах

Графическая система	Особенности использования внешних фрагментов
T-FLEX CAD	Все работает. Компоновка модели из фрагментов выполняется по имени фрагмента. Имеются привязки фрагментов и булевые операции в 3D-моделях
Pro/ENGINEER	Работает. Компоновка модели из фрагментов выполняется по имени фрагмента. Имеются привязки фрагментов и булевые операции в 3D-моделях. Привязки фрагментов выполняются по внутреннему номеру элемента (номер оси, номер плоскости и т.д.). Требуется использовать общий шаблон с привязками для создания моделей с одинаковым функциональным назначением
SolidWorks	Частично работает. Компоновка модели из фрагментов выполняется по имени фрагмента. При компоновке выдается диалоговое сообщение о замене файла фрагмента (отслеживается внутренний номер файла) и работа может быть продолжена. Возможны сложности с булевыми операциями
Unigraphics	Не работает. При компоновке модели из фрагментов выполняется проверка внутреннего номера файла и выдается диалоговое сообщение о прекращении загрузки файла. В дальнейшем все сборки собираются заново вручную конструктором

Следует отметить, что системы развиваются достаточно быстро. То, что не работало в одной версии системы, может заработать в другой, и наоборот. Одни системы умирают (Pro/ENGINEER), другие системы появляются (CREO). Поэтому при создании конкретной автоматизированной системы требуется проверять и изменять способ работы с внешними фрагментами.

Библиография

1. Основы T-FLEX CAD. Двумерное проектирование и черчение: руководство пользователя. АО «Топ Системы».

2. T-FLEX CAD. Трехмерное моделирование: руководство пользователя. АО «Топ Системы».

3. Краснов М., Чигишев Ю. Unigraphics для профессионалов. – М.: Лори, 2004. – 320 с.

4. Тику Ш. Эффективная работа: SolidWorks 2005. – СПб.: Питер, 2006. – 816 с.

5. Евдокимов С.А., Билеуш О.А. Особенности проектирования штампов для холодной листовой штамповки на основе системы «Pro/Engineer» // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2007. – № 12. – С. 26–29, 49.

6. Евдокимов С.А., Краснов А.А., Рыбаков А.В. Трехмерное моделирование объектов машиностроения в среде Pro/ENGINEER: практикум. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2010. – 103 с.

УДК 658.51

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КРИТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТОМ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНТЕГРАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Реут М.В., Рыбаков А.В., Шурпо А.Н.

Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук

mayrisia@mail.ru

Представлена новая методика комплексной автоматизации и интеграции всех подразделений предприятия на основе метода критической цепи. Разобраны ключевые этапы новой методики. Приведено сравнение с другими, наиболее часто применяемыми на практике способами внедрения автоматизированных систем. Приведены основные преимущества и актуальность нового подхода.

Ключевые слова: автоматизация предприятия, интеграция подразделений, метод критической цепи, управление проектом.

MANAGEMENT OF THE PROJECT OF AUTOMATION AND INTEGRATION OF THE ENTERPRISE FOR A METHOD OF A CRITICAL CHAIN

Reut M.V., Rybakov A.V., Shurpo A.N.

Institute of Technological Design Informatics of Russian Academy of Sciences

The new technique of complex automation and integration of all subdividings of the enterprise on the basis of a method of a critical circuit is presented. Key stages of a new technique are disassembled. Comparing with others methods of implementation of the automated systems most often put into practice is resulted. Primary benefits and an urgency of the new approach are resulted.

Keywords: enterprise automation, integration of subdividings, a method of a critical circuit, control of the project.

Необходимость внедрения системы PLM

В настоящее время уже никого не нужно убеждать в том, что повышение конкурентоспособности предприятия напрямую связано с управлением одним из стратегических ресурсов – информацией о продукции – и зависит от устранения существующих на предприятиях недостатков в управлении этой информацией и от правильного использования современных решений в этой области, которые и представляют собой внедрение автоматизированных интегрированных систем, сочетаемых в PLM-технологиях.

Product Lifecycle Management (PLM) – технология управления жизненным циклом изделий. Организационно-техническая система обеспечивает управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации. При этом в качестве изделий могут рассматриваться различные сложные технические объекты (корабли и автомобили, самолёты и ракеты, компьютерные сети и др.). Информация об объекте, содержащаяся в PLM-системе, является цифровым макетом этого объекта.

PLM-система – это совокупность программных продуктов, решающая задачи создания инженерных данных (средствами CAD/CAE/CAPP/CAM/MPM-систем), а также задачи управления инженерными данными (средствами PDM-системы). Система должна обмениваться данными с системой управления проектами и АСУП/ERP-системой, а также, при необходимости, с информационными системами заказчика или смежников предприятия.

Применение PLM основано на использовании интегрированных моделей данных об изделии и бизнес-процессов предприятия. PLM предполагает новые методы работы с информацией об изделии, позволяя тесно увязать ее с процессами, обеспечивая одновременный доступ к данным различных категорий сотрудников, позволяя в полной мере реализовать принципы параллельного проектирования изделий.

Как правило, внедряя интегрированные системы управления информацией, предприятие нацелено на решение следующих проблем:

– сокращение сроков вывода изделия на рынок;
– повышение производительности труда;
– улучшение качества продукции;
– предоставление электронных данных об изделии заказчику;
– минимизация и устранение угроз информационной безопасности предприятия.

С чем приходится сталкиваться

За последние десятилетия темпы внедрения автоматизированных систем на предприятиях выросли многократно. Обычной практикой становится комплексная автоматизация предприятий – от производственных задач до управления, планирования и финансового учета.

Теперь вопрос состоит в том, чтобы устранить существующие недостатки внедрения автоматизированных систем и, как следствие, неправильное их использование в дальнейшем, а также повысить эффективность применения современных решений в этой области.

Какие же проблемы возникают при внедрении PLM-технологий?

Представим следующие основные проблемы при внедрении автоматизированных систем:

1. Весьма распространенным явлением становится так называемая частичная автоматизация, которая выглядит примерно так. Предприятие закупает новое программное обеспечение (ПО), которое призвано повысить его эффективность. Однако ввод в работу этого ПО происходит без профессионального внедрения и интеграции с другим, уже использующимся на предприятии ПО, а порой и без обучения будущих пользователей. Это приводит лишь к видимым результатам сокращения времени на выполнение поставленных задач, так как на деле никто не анализирует и не следит за изменениями эффективности и производительности предприятия после внедрения данного ПО – и, как следствие, преобладающее большинство таких экспериментов заканчивается появлением новых проблем. По большому счету, это проблема возникает по вине малограмотного руководства предприятия.

2. Второй и самой важной проблемой остается неэффективное управление проектом комплексной автоматизации предприятия.

Ясно, что для решения первой проблемы необходимо комплексное внедрение автоматизированных систем для управления информацией на предприятии. Но, к сожалению, и от комплексной автоматизации не всегда получают то, чего ожидают. Зачастую даже после профессиональной комплексной автоматизации руководство предприятий не получает ожидаемых результатов. Работы выполняются не в срок, качество продукции не улучшается, доходы не увеличиваются и т.д. Проблемы, возникающие при внедрении, способны на корню загубить успешное решение и вызвать негативное отношение к выбранной системе. Велико влияние привычек людей, но основной проблемой является непонимание целей предприятия, отсюда и неправильная постановка задач проекта автоматизации и, соответственно, неправильное управление этим проектом.

Управление проектом внедрения системы PLM

В современном мире, в век высокого технологического прогресса, большинство проектов представляют собой хаос, в котором порой бывает сложно изначально определить требуемую цель проекта вследствие постоянных изменений и высокой неопределенности. Именно в таком виде сегодня существует проект внедрения PLM-систем. Такие проекты Дуг ДеКарло определил как экстремальные в своей книге «Экстремальное управление проектами» [1]. Экстремальный проект – это комплексное, высокоскоростное, самокорректирующееся предприятие, во время работы над которым люди взаимодействуют в поисках желаемого результата в условиях крайней неопределенности, постоянных изменений и сильного стресса.

Для грамотного управления проектом внедрения системы PLM необходимо понимание цели проекта, которая вытекает из цели работы предприятия. Ведь обычное представление о целях предприятия такое: эффективные закупки, предоставление рабочих мест, современные технологии, производство и продажа качественных продуктов, завоевание рынков. Все перечисленное, конечно, необходимо для успешного управления предприятием, но никому это не нужно, если предприятие не зарабатывает деньги. При внедрении PLM-системы важно помнить, что главная цель создания и работы коммерческой организации – выживать в условиях конкуренции [2].

Обычное использование программного обеспечения для управления информацией на предприятии дает более подробные сведения о состоянии дел в подразделениях, но не приносит дополнительных денег. Ключевым фактором успеха проектного управления является наличие четкого, заранее определенного плана минимизации рисков и отклонений от этого плана, а также эффективного управления изменениями.

Одной из причин выделения управления проектами в отдельную область знаний является неопределенность. То, как мы управляем неопределенностью в проекте (в том числе и рисками), напрямую влияет на длительность проекта, на его успех. Поэтому решение проблемы, выраженной в законе Мерфи («Если какая-нибудь неприятность может произойти – она случается»), является важной составляющей успешного завершения проекта.

Данные многочисленных исследований Standish Group (компании, предоставляющей услуги по исследованию и анализу эффективности работы ИТ-проектов) для традиционных методов управления проектами являются следующими:

– 44 % проектов обычно завершаются вовремя, а в среднем проекты занимают 222 % от изначально запланированной длительности, 189 % от начального бюджета;

– 70 % проектов сокращают исходный объем работ проекта;

– 30 % проектов закрываются досрочно;

– 31 % проектов завершается провалом;

– 53 % проектов завершаются с перерасходом бюджета в среднем в 1,9 раза;

– и только 16 % проектов укладываются в срок и бюджет.

В последнее время, с развитием инструментов и техник управления проектами, эти цифры стали уменьшаться, но общая картина говорит о нерешенности проблем в этой сфере.

Далее рассмотрим наиболее часто встречающиеся способы управления проектами внедрения системы PLM.

Общепринятые способы управления проектами

При стандартном подходе к управлению проектами проблемы, связанные с неопределенностью (т.е. с законом Мерфи), законом Паркинсона («Работа заполняет время, отпущенное на неё») и одновременной работой сотрудников в нескольких проектах, решают включением в оценку задачи рисков и неопределенностей.

Очень часто при оценке длительности выполнения задачи сотрудники стремятся заложить в нее как можно больше времени на неопределенность и риски, которые они предвидят. Это обосновывается тем, что закладывание неопределенности требуется при недостатке информации, применении новых технологий, неопытности исполнителя в данной области, а добавление резервного времени каждой задаче дает минимизацию рисков, которые, как правило, связаны с законом Мерфи.

Несмотря на то, что задачи оценивают эксперты или специалисты, время на неопределенность добавляется весьма приблизительно.

Таким образом, мы получаем сроки на выполнение задач с большим запасом прочности, которые намного превышают реальное время исполнения. Часто время, отведенное на риски задачи, бывает больше самого времени выполнения этой задачи.

Для исполнителя возможно появление такого отрицательного момента, как «синдром студента», так как работник, видя, что у него более чем достаточно времени для выполнения задачи, приступает к работе позже. Таким образом, выполняются более срочные задачи или тратится время резерва на работу над самой задачей, считая, что все время выделено на работу над ней. И если риски, заложенные в резервном времени, срабатывают, задача запаздывает. Исполнители стремятся следовать плану проекта и стараются завершить задачу точно в запланированное время.

В этом подходе больше отрицательных моментов, чем положительных. Самое главное, что он не учитывает возможные благоприятные исходы проекта, а именно:

– досрочное завершение работ по задаче не приводит к приближению даты окончания проекта;

– исполнители, которые должны начать выполнение зависимых задач, не имеют возможности этого сделать, т.к. они заняты выполнением другой работы и не рассчитывали начинать свои задачи ранее запланированного. Таким образом, раннее завершение задачи не может ускорить выполнение зависимых от нее задач и положительно повлиять на успех всего проекта;

– задачи содержат в себе значительный резерв по времени, планируются одна за другой, поэтому запаздывание одной задачи почти всегда приводит к задержке зависимых, т.к. на этапе планирования все риски были заложены в самих задачах (рис. 1).

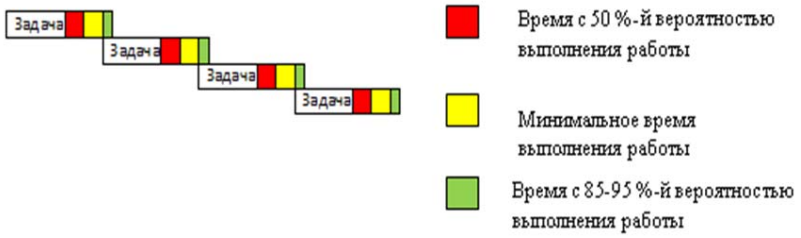


Рис. 1. График выполнения проекта при стандартном подходе

В случае сдвига по времени типичным решением в традиционном управлении проектами является применение корректирующих действий при срабатывании рисков, путем урезания объема работ проекта, выделения дополнительных ресурсов или увеличения времени работы над проектом. Это не делает счастливым ни заказчика, ни руководителей верхнего уровня.

Управление проектом автоматизации по методу критической цепи

Для контролирования изменений и неопределенностей на сегодняшний день приемлем метод критической цепи, который не концентрируется на достижении оценок задач, а контролирует единственно важную дату – дату завершения проекта.

Critical chain project management (CCPM) – это метод планирования и управления проектами, который обращает большее внимание на ограничения, связанные с ресурсами проекта. Он был предложен и развит Элияху М. Голдрэттом (Eliyahu Goldratt) в 1997 году. Этот метод противоположен методам критического пути и PERT (Project Evaluation and Review Technique) в том смысле, что он не предполагает жесткой последовательности задач и жесткого планирования. Напротив, календарный план, составленный с использованием CCPM, содержит выровненную нагрузку ресурсов по времени, однако требует от исполнителей задач гибкости по отношению ко времени начала выполнения задач и быстрого переключения между задачами и цепочками задач (но не работы над ними одновременно) с целью удержания всего проекта в рамках запланированного времени.

CCPM вводит такое понятие, как критическая цепь задач, или просто критическая цепь [3]. Критическая цепь – это последовательность задач, длительность которых влияет на общую длительность всего проекта. Применение метода критической цепи при внедрении автоматизированных систем управления информацией об изделии, управления информацией на предприятии, а также при управлении проектами предприятия позволяет достичь главной цели – выжить в условиях современной конкуренции и получить прибыль сегодня и всегда.

CCPM исключает перечисленные выше недостатки планирования, выполнения и контроля стандартного управления проектами, устраняет влияние закона Паркинсона, который гласит, что работа стремится занять все время, отведенное на нее, сколько бы резервного времени мы в нее не закладывали.

Данный метод внедрения автоматизированных систем управления информацией об изделии был апробирован на предприятии нефтегазовой отрасли. Предприятие было организовано в 1951 году и имело четкий, устояв-

шийся подход в управлении и разработке проектов. Данный подход необходимо было перевести на более современный, конкурентоспособный уровень.

Основные правила, предлагаемые CCPM и устраняющие недостатки стандартного подхода к управлению проектами, заключаются в следующем:

– создание календарного плана с использованием достаточно плотных оценок длительности задач; чаще всего в CCPM в качестве длительности задачи принимается оценка с 50 %-м обеспечением риска (рис. 2);

– избавление от жестких дат окончания задачи (но не проекта); безусловно, задачи по-прежнему оцениваются и имеют дату окончания в календарном плане, но эта дата не рассматривается как обязательство исполнителей закончить работу над задачей именно в указанный срок;

– в матричной организационной структуре имеет смысл наделить менеджеров проектов достаточной полнотой власти, чтобы они могли защитить ресурсы проекта от «более срочных» задач других проектов или подразделений.

Благодаря тому, что все задачи оцениваются с 50 %-й вероятностью выполнения (50 %-м обеспечением риска по времени), для построения календарного плана использовалось только время, необходимое для выполнения задач. Так как из оценок задач мы убрали буфер времени для обеспечения безопасности, то конечные даты завершения каждой задачи не являются непременно выполнимыми.

Оценка завершения задач

CCPM условно делит ресурсы на две категории: ресурсы критических задач и ресурсы некритических задач. Наиболее важные для проекта ресурсы – это ресурсы критических задач, т.к. их использование напрямую влияет на длительность проекта. Для проекта важно, что когда задача в критической цепи завершается, то ресурсы для выполнения следующей задачи критического пути будут готовы и доступны. В CCPM вместо отчетов о том, что было сделано, определяется, сколько осталось времени для выполнения незавершенных задач (с учетом процента завершения работ).

Дата окончания проекта

Для того, чтобы гарантировать дату окончания всего проекта, CCPM использует буферы ресурсов и времени.

В CCPM особое внимание уделяется задачам критических цепей. Основное отличие от классического подхода состоит в том, что на каждую задачу отводится время, соответствующее 50 %-й вероятности выполнения, а резервное время всех задач цепи, которое составляло 50–90 % покрытия неопределенности, суммируется в единый буфер времени, который помещается в конце цепи (рис. 2). Таким образом, вариации в критической цепи не имеют прямого влияния на обещанную дату окончания проекта, т.к. они гасятся буфером времени. Буфер времени, помещенный в конец цепи, предохраняет ее от задержек по времени.

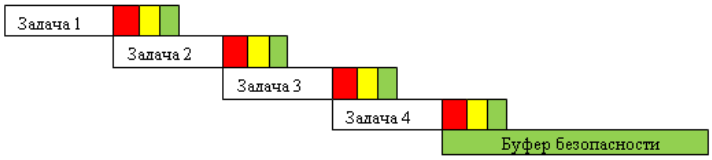


Рис. 2. График выполнения проекта по CCPM

В половине случаев задачи завершаются ранее запланированного срока, в половине – позже, поскольку мы оставляем только 50 % покрытия рисков в оценке задачи. В результате максимально полно используется преимущество раннего завершения задач, а запаздывающие задачи будет компенсировать буфер цепи. Важно отметить, что суммарный буфер цепи должен быть на 30–50 % меньше суммы составляющих его отрезков времени от резервов индивидуальных задач.

Итоги внедрения

Автоматизированные системы по управлению информацией об изделии (объекте) на предприятии были внедрены в подразделения, отвечающие за конструкторскую и технологическую подготовку. Внедрены системы автоматизированного проектирования (CAD), инженерного анализа (CAE), конструкторского и технологического документооборота. Проведены работы по созданию и поддержке библиотек типовых элементов и справочников (материалы, покупные комплектующие изделия и т.п.).

Всего около 3 месяцев уходит на то, чтобы по-новому спланировать и синхронизировать работу подразделений для внедрения PLM-систем по методу CCPM.

Результатами комплексной автоматизации предприятия по методу критической цепи явились организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах, взаимосвязанная работа всех подразделений предприятия с сокращением времени выполнения работ и увеличением прибыли.

Библиография

1. ДеКарло Д. Экстремальное управление проектами. – М.: Компания p.m. Office, 2005. – С. 56.

2. Элияху М. Голдратт, Джефф Кокс. Цель. Процесс непрерывного совершенствования. – Минск: Попурри, 2009. – 280 с.

3. Лоуренс Лич. Вовремя и в рамках бюджета. Управление проектами по методу критической цепи. – М.: Альпина Паблишер, 2010. – 354 с.

УДК 004.4’236

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПЛК SIEMENS

[1]Большаков О.А., [2]Рыбаков А.В., Шурпо А.Н.

[1]Институт конструкторско-технологической информатики Российской академии наук
[2]МГТУ «СТАНКИН»

OlegBolshakov@mail.ru

Статья посвящена методике практической реализации сложных систем на ПЛК Siemens с использованием автоматных моделей. Промышленные системы обычно реализуются на ПЛК, которые имеют относительно маленькую память и программируются языками специального назначения (например, язык структурного текста). Автор статьи показывает, как, используя автоматные модели, описывать поведение сложных систем. На конкретном примере продемонстрирована предложенная методика. Рассмотрены достоинства и недостатки автоматного моделирования на основе расширяемого модуля SIMATICS7-HiGraph.

Ключевые слова: программное обеспечение (ПО), модель, разработка, требования, автоматное программирование.

THE USAGE OF AUTOMATE-BASED PROGRAMMING TECHNOLOGY FOR PROBLEMS OF LOGIC MANAGEMENT ON SIEMENS PLC

[1]Bolshakov O.A., [2]Rybakov A.V., Shurpo A.N.

[1]Institute for design-technological informatics of the Russian academy of sciences (IKTI RAS)
[2]MSTU «STANKIN»

This article is devoted to a technique of practical system simplementation on Siemens PLC using automata models. Industrial systems usually are implemented on PLC, which have relatively low memory and programming is performed using specialized languages (for example, structured text). Author of this article explains how todescribe the behavior of complex systems using automata models. The proposed methodology is shown on current example. There is shown merits and demerits of automata-based programming on the basis of the expanded module SIMATIC S7-HiGraph.

Key words: software, model, development, requirements, automata-based programming.

В процессе разработки программного обеспечения основной трудностью является естественная сложность предметной области, к которой относится решаемая задача. Всякий раз, когда при разработке программного обеспечения возникает необходимость автоматизировать созданные человеком сложные системы, избежать этой сложности нельзя – ею можно только «овладеть».

Для этого необходима хорошая предметно-ориентированная модель, проникающая значительно дальше поверхностного взгляда на проблему. Если в такой модели удастся правильно отразить внутреннюю структуру предметной области, разработчики программного обеспечения получат именно тот инструмент, в котором они нуждаются.

Модель предметной области служит единым языком, на котором могут разговаривать инженер-разработчик и специалист в этой области. Только посредством взаимопонимания инженера-разработчика и специалиста предметной области может быть разработан качественный программный продукт в поставленный срок. Источником этого взаимопонимания служит модель.

В качестве инструмента для построения модели предлагается использовать технологию автоматного программирования [1]. Автоматная парадигма позволяет не только строить модели предметной области на основе унифицированного языка моделирования UML [2], но и заставляет эти модели работать, т.е. существуют математический аппарат и инструменты для автоматического преобразования диаграмм в программный код [3, 4]. Ниже приведен пример разработки модели и её реализации на ПЛК Siemens.

Основная цель данной статьи – познакомить читателя с новой методикой применения автоматного подхода [1] для задач логического управления с использованием программного пакета STEP 7, а именно: расширяемого модуля SIMATICS7-HiGraph [5].

Ранее были предложены две методики применения концепции автоматного программирования для контроллеров Siemens. В работе [6] Вавилов К.В. предлагает подход к реализации автоматов в пакете STEP 7 (стандартной среды для контроллеров S7-300/400) на языке инструкций STL. В языке STL нет оператора, аналогичного «switch» – языка «*C*», поэтому автор использует налог оператора «goto» – инструкцию «JMP» (переход на метку, выполняется по условию). Структура программы при применяемом подходе фиксирована, что позволяет реалиизовать произвольный автомат. Однако есть несколько сложностей:

1. Нет программного средства для автоматического перехода от графов к языку инструкции STL, на котором пишется программа, загружаемая в контроллер. Автору пришлось писать код вручную по разработанной методике.

Программный код приобретает автоматную структуру, процесс программирования ускоряется, т.к. это уже больше механические действия, нежели творческие, но это приходится делать вручную.

2. Нельзя не учитывать ограниченность языка инструкции STL. Т.к. это низкоуровневый язык, нужно было приложить массу усилий, чтобы придать программному коду автоматную структуру и выдержать семантику автоматной парадигмы (реализовать вложенные и вызываемые автоматы, групповые переходы, приоритеты и т.д.). Автор положил начало применению автоматного подхода на оборудовании Siemens, показав, что этот подход весьма гибок и его можно реализовать почти на любом языке программирования для задач логического управления, причем чем сложнее логика управления, тем больше проявляет свою ценность автоматная парадигма, т.к. структура программы строго определена.

В работе Вавилова К.В. [7] подход к реализации автоматов в пакете STEP 7 (стандартной среды для контроллеров S7-300/400) ничем не отличается от подхода, подробно изложенного в работе [6]. Единственным отличием является применение языка SCL вместо языка STL. Выбор языка SCL (заказываемого дополнительно к пакету STEP 7) обусловлен чисто практическим соображением – удобством работы с языком высокого уровня, так как язык SCL является аналогом языка Паскаль. В отличие от языка STL, в языке SCL есть оператор, аналогичный оператору «switch» – языка «*C*». Это оператор «CASE».

Использование подобного языку Паскаль языка SCL позволило автору генерировать программный код автоматически, используя case-средства, что значительно упрощает процесс программирования. Однако процесс генерации программного кода происходит за пределами среды разработки STEP 7. Возникает проблема интеграции сгенерированного программного кода с возможностями языка SCL.

Как было сказано выше, Вавилов К.В. доработал свою методику, ориентируясь на возможности языка SCL, сохранив семантику автоматной парадигмы. Таким образом, полностью избавиться от механического ручного труда не удается, присутствует элемент ручного преобразования сгенерированного программного кода. Ниже будет показано, как от этой проблемы можно избавиться и писать программы в автоматном стиле, используя только среду разработки STEP 7 с расширяемым модулем SIMATICS7-HiGraph.

В качестве примера приведен программный блок «Клапан», который в данный момент отрабатывается на ОАО «Омутнинский металлургический завод». Блок в каждом цикле работы контроллера отслеживает текущее состояние клапана и рассчитывает процент открытия клапана. Поскольку у клапана отсутствует потенциометр, указывающий на процент открытия клапана, этот параметр рассчитывается по времени с использованием математической модели. Т.к. время открытия и закрытия клапана – величина непостоянная (по ряду причин время, в течение которого клапан открывается или закрывается, всегда отличается), величина, относительно которой рассчитывается процент открытия клапана, должна быть динамичной.

На рис. 1–3 представлены автоматы и описывающие логику их работы графы переходов.

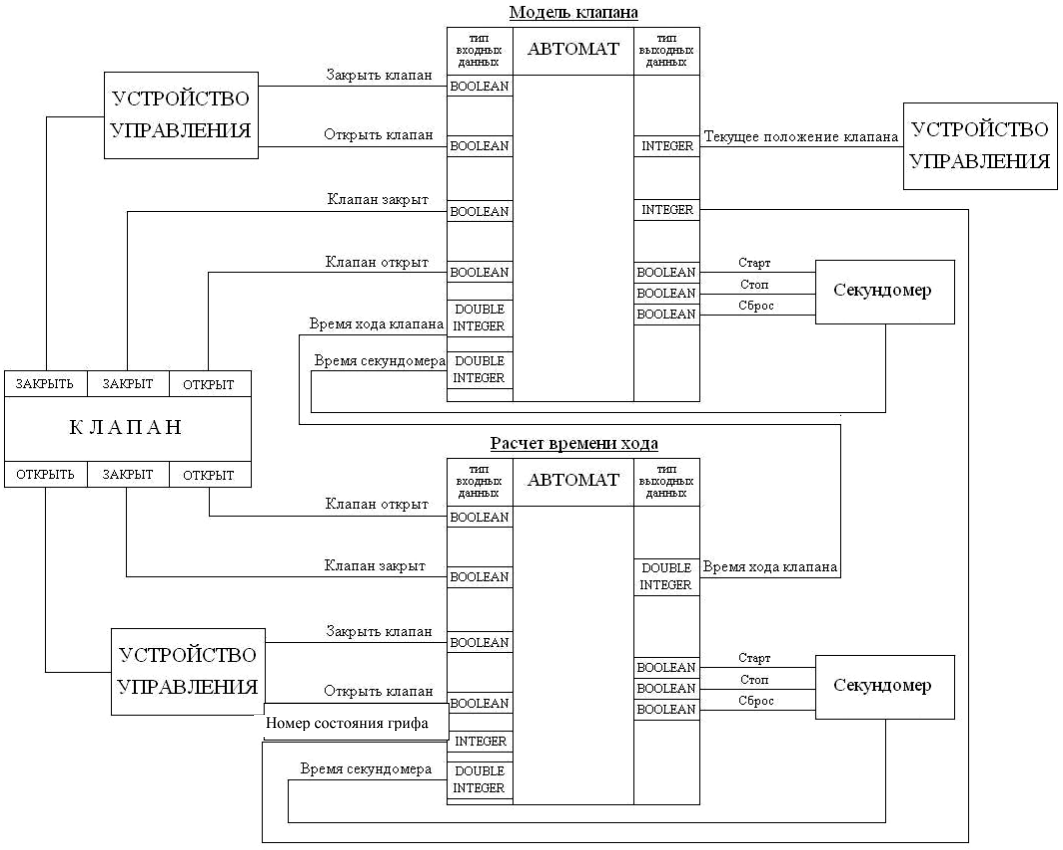


Рис. 1. Схема автоматов

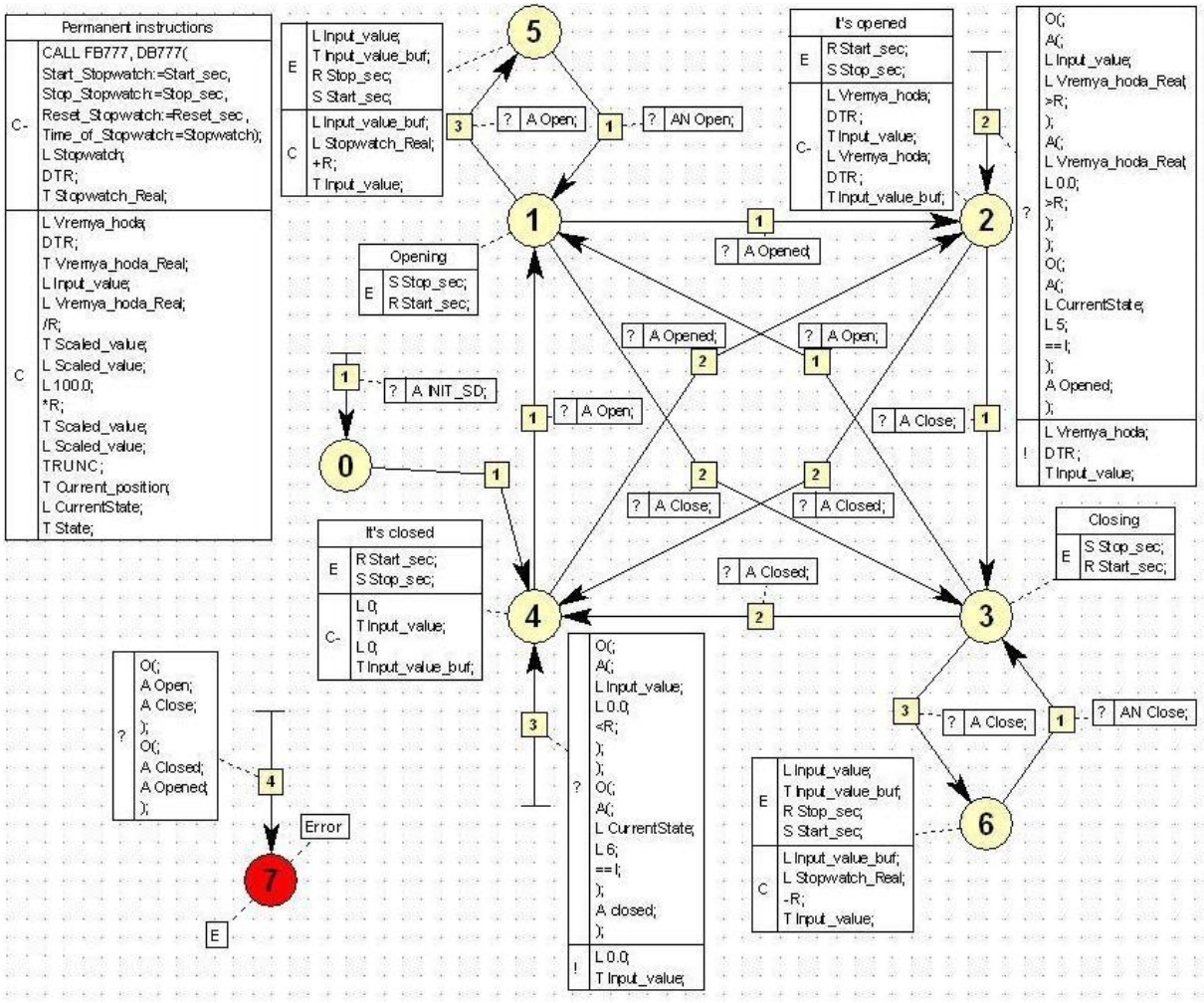


Рис. 2. Граф переходов автомата «Модель клапана»

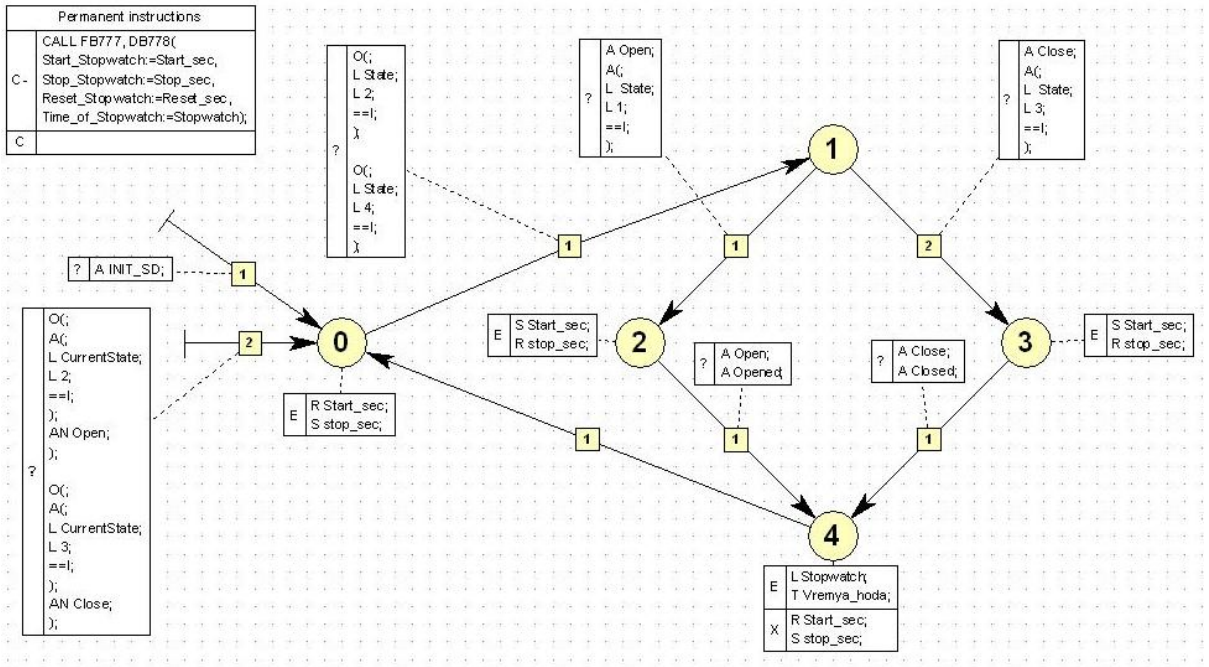


Рис. 3. Граф переходов автомата «Расчет времени хода»

Сам процесс разработки наглядно отображен на рис. 4. Специалист предметной области ставит разработчику задачу, и они вместе создают модель. В ходе разработки они видоизменяют ее, вносят дополнения до тех пор, пока

она не будет «правильно» отображать внутреннюю структуру предметной области. Далее готовая модель на 80 % автоматически и на 20 % вручную преобразуется в программный код.

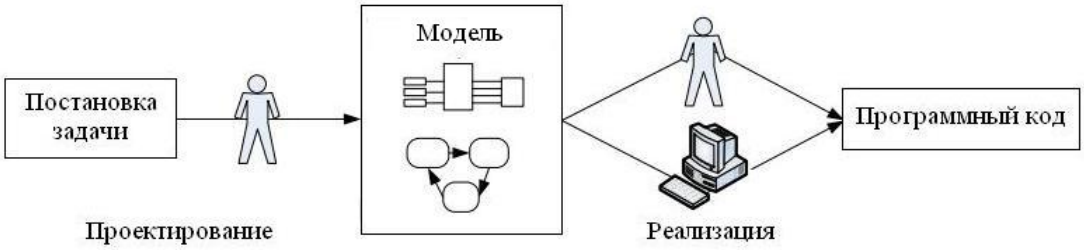


Рис. 4. Этапы разработки программной системы со сложным поведением

Модель фиксирует результат процесса проектирования. Моделями можно обмениваться с другими разработчиками, а также непосредственно использовать в качестве входных данных для следующего этапа разработки системы – реализации [1]. Модель является математическим описанием логики поведения системы.

С появлением модуля HiGraph схема взаимодействующих автоматов и графы переходов полностью реализуются в графическом редакторе модуля, что избавляет программиста от необходимости использования case-средств и механической работы преобразования графов по разработанным шаблонам в программный код.

Расширяемый модуль SIMATICS7-HiGraph пакета STEP 7 полностью поддерживает семантику автоматной парадигмы. На рис. 2 и 3 видно, как выглядит граф в графическом редакторе STEP 7. Программирование действий и условий осуществляется на языке инструкции STL. Помимо стандартной семантики, для описания логики работы автомата в SIMATICS7-HiGraph есть множество дополнительных возможностей, таких как встроенные таймеры, программирование постоянных инструкций. Вместе с приоритетами на дугах можно указать тип режима (автоматический, ручной), что позволяет в режиме реального времени видоизменять граф в заранее определенную структуру.

Приведенный в качестве примера программный блок реализован в двух автоматах и двух описывающих логику их работы графах переходов. В автомате «Модель клапана» отслеживается текущее состояние клапана и рассчитывается процент его открытия; в автомате «Расчет времени хода» рассчитывается «чистое» время хода (без остановок) клапана из состояния «открыт» в состояние «закрыт» и наоборот. Если рассчитанное время не совпадает с текущим, оно перезаписывается и передается в автомат «Модель клапана». В автомате «Модель клапана» относительно полученного значения рассчитывается степень открытия клапана.

С появлением возможности графической реализации сущностей со сложным поведением в автоматном стиле программирование ПЛК приобрело все плюсы автоматного программирования, а единая встроенная среда разработки не только ускорила процесс создания программ в автоматном стиле, лишив проблемы интеграции, но и расширила семантику автоматной парадигмы.

Изучив работы Вавилова К.В. по созданию методик практического применения автоматного подхода на оборудовании Siemens [6, 7], можно заключить, что предложенный на основе модуля SIMATICS7-HiGraph пакета STEP 7 метод является новой методикой практического применения технологии автоматного программирования. Приведенный выше пример наглядно отображает структуру и принципы построения графов, не только полностью поддерживающих семантику автоматной парадигмы, но и расширяющих её. Предыдущие методики не позволяют использовать автоматный подход в чистом виде в единой среде разработки. Новый подход лишен этих недостатков. Кроме того, предложенная автором данной статьи методика на основе возможностей S7-HiGraph ставит новые задачи перед автоматным программированием, например, перестраивающиеся в зависимости от поведения среды в режиме реального времени графы, добавление новых элементов в семантику графов.

Библиография

1. Поликарпова Н.И., Шалыто А.А. Автоматное программирование. Второе издание. 2011. – СПб.: СПБГУ, 2011. – 277 С.

2. UML – UnifiedModelingLanguage – универсальный язык моделирования. Методология и нотация проектирования ПО, разработанная OMG-группой (ObjectManagementGroup, www.omg.org) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.uml.org.

3. Головешин А. Использование конвертора Visio2Switch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://is.ifmo.ru/progeny/visio2switch.

4. Инструментальное средство Unimod [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://is.ifmo.ru/unimod.

5. Сайт разработчика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.siemens.com.

6. Вавилов К.В. Программируемые логические контроллеры SIMATIC S7-200 (SIEMENS). Методика алгоритмизации и программирования задач логического управления. Электронный ресурс. – [Режим доступа]: http://is.ifmo.ru/progeny/_metod065.pdf.

7. Вавилов К.В. Контроллеры SIMATIC S7-300 (SIEMENS). Организация взаимодействия независимых локальных систем управления на основе автоматного подхода и функционального разделения автоматов управления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://is.ifmo.ru/progeny/_s7300.pdf.

УДК 551.599

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЙ ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ИХ ГРАФОВ

Балкаров Б.Б., Шахбазов М.Дж.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

Barbarisich50@mail.ru

В работе приводится оригинальный метод моделирования техногенных систем с помощью теории графов и описывается способ построения оценок состояния этих систем на основе теории информации.

Ключевые слова: техногенная система, граф, сложность системы, оценка состояния системы.

EVALUATION OF CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC SYSTEMS WITH THE HELP OF THE ANALYSIS OF THEIR GRAPHES

Balkarov B.B., Shahbazov M.Dzh.

Kabardino-Balkarian State University of H.M. Berbekov

In the given paper we consider the original method of modeling of anthropogenic systems with the help of theory of graphes. We also describe the way of state value building of these systems on the basis of information theory.

Key words: anthropogenic system, graph, system complexity, state value building.

Исходя из общей теории систем [1], можно утверждать, что любая техногенная система подвержена влиянию окружающей среды. Зачастую среда оказывает негативное влияние на функциональную систему, начиная с того, что ее функционирование перестает быть оптимальным, и кончая разрушением системы в целом. Примером первого случая может служить уменьшение потока жидкости, проходящей через трубопровод, за счет отложений на стенках труб. Примером второй ситуации может служить уничтожение части трубопровода за счет такого природного явления, как сход селя. Именно поэтому оценка надежности функционирования техногенной системы должна быть непосредственно связана с оценкой состояния той природно-антропогенной системы, подсистемой которой она является. Недооценка влияний внешней среды послужила причиной ряда серьезнейших техногенных катастроф (вспомним Саяно-Шушенскую ГЭС или землетрясение и последовавшие за ним техногенные катастрофы в марте 2011 г. в Японии). Поэтому мы полагаем, что оценивание состояния техногенных систем в плане их надежности по отношению к изменяющемуся состоянию окружающей среды является крайне актуальным и должно проводиться при проектировании любой техногенной системы.

Однако несмотря на то, что работы в направлении оценивания опасностей и рисков ведутся достаточно интенсивно, единый подход к проблеме отсутствует: каждый автор прокламирует то видение проблемы, которое лучше всего соответствует именно его предметной области. Об универсализации даже на уровне понятийного аппарата в данном случае речь не идет [2].

В планируемой работе мы предлагаем подход к построению оценок степени подверженности природно-территориальных комплексов чрезвычайным ситуациям и их последствиям на основании ряда формальных аппаратов, базирующихся на системном подходе и методах многомерного анализа, а также на теории графов. Поскольку в своей основе исследуемый объект является географическим, вышеперечисленные методы должны опираться на стандартное географическое представление информации – карты. Именно карты, картосхемы и картограммы являются основой для построения математических моделей (в первую очередь графовых), позволяющих проводить оценивание степени подверженности природно-территориальных комплексов чрезвычайным ситуациям и их последствиям [3].

Однако оценка природно-антропогенной опасности техногенных систем обычно затруднена тем, что генезис самой опасности, пути реализации процессов, которые являются ее носителями, крайне разнородны и не могут, как правило, быть сведены к общему знаменателю. Нами предлагается иной подход, заключающийся в том, что опасность прямо связана со степенью нарушенности той системы, для которой она рассчитывается. Таким образом, оценка опасности строится не по тому, как эта опасность реализуется, а по тому, к каким результатам приводит тот или иной природный или антропогенный процесс, причем эти результаты могут быть измерены единообразно – по степени «упрощения» системы.

Такой подход предполагает представление системы в виде семейства графов, отражающих те структурные компоненты системы, воздействие на которые опасными природно-антропогенными процессами может привести к их нарушенности [4].

Будем описывать региональную систему S в виде четверки [5]:

$$S = \{\Sigma, V, \sigma, K\},$$

где $\Sigma = \{\Sigma_i\}$ – множество элементов и их свойств; $V = \{V_i\}$ – множество связей; σ – структура и *K* – композиция.

Будем различать в *Σ*:

а) состав (гомогенный, гетерогенный, смешанный или неопределенный);

б) свойства элементов (информационные, энергетические, смешанные или неопределенные).

Во множестве *V* выделяем:

а) назначение связей (вещественные, информационные, энергетические, смешанные или неопределенные);

б) характер связей (прямые или обратные).

Во множестве σ выделяем:

а) устойчивость структуры (детерминированная, вероятностная, хаотическая);

б) построения (иерархические, многосвязные, смешанные, преобразующиеся).

Структурой σ будем называть множество всех возможных отношений между элементами системы.

Далее приведем пример использования данного формализма для построения модели региональной системы.

Здесь множество Σ могут составлять населенные пункты, принадлежащие данной системе. Для наглядности будем считать, что состав элементов гомогенен и разница заключается лишь в количестве потребляемых ресурсов.

Подобное представление позволяет получить решение ряда задач, которое в конечном итоге должно быть положено в основу комплексной оценки системы по степени ее природно-техногенной опасности.

К этим задачам относится в первую очередь задача определения сложности системы. Вычисление может быть осуществлено по известным формулам Хартли и Шеннона [6] .

$$H_{\max} = \log_2 n,$$

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log_2 p_i.$$

Здесь *n* – количество ребер (дуг) в графе (орграфе); p_i – вес ребра *i* для взвешенного графа. Первая формула характеризует сложность системы. Вторая является аналогом первой, но в применении к взвешенному графу.

Возникает вопрос, каким образом данные выражения отражают степень подверженности системы природно-техногенным опасностям. Если некоторый природный или техногенный процесс проявляется, то он в первую очередь изменяет число связей в системе *n*, как правило, уменьшая их количество. Например, уничтожение дорожного полотна при паводках, наводнениях или обвалах приводит к тому, что мощность множества $V_{дор}$ уменьшается. Это приводит к потере сложности, равной

$$\Delta H = H_{\max} - H_{ОП} = \log_2 n - \log_2 n_{ОП},$$

где $n_{ОП}$ – количество ребер (дуг), оставшихся после опасного воздействия на систему.

Пусть теперь техногенная региональная система моделируется графом

$$G=(\Sigma, V),$$

где $\Sigma = \{\Sigma_i\}$ – множество элементов и их свойств; $V = \{V_i\}$ – множество связей.

Примером такого графа может служить дорожная сеть. Рассмотрим его структуру, т.е. множество *V*. Последнее можно представить в виде объединения непустых подмножеств:

$$V = \bigcup_i V_i .$$

В частности, V_i может отображать дорожную сеть *i*-го района республики. Теперь, если существует такое ребро v_{pq}, что при его удалении

$$V_p \bigcap V_q = \Phi ,$$

то оно называется «мостом» [7] и является тем самым звеном, которое разделяет исходный граф на два полностью не связанных друг с другом подграфа. Другими словами, если два района республики соединяет единственная дорога, то, если ее вывести из строя, районы окажутся изолированными друг от друга.

В этом случае степень упрощения системы можно оценить как

$$H_B = \log_2(n_B + 1),\ n_B = 0, 1, \ldots$$

где n_B – полное количество «мостов» на графе *V*, а сложность ее будет определяться как

$$S = H - H_B,$$

где *H* – максимальная сложность системы, определяемая по формуле Хартли.

Перейдем к структуре величины *H*. В общем виде можно утверждать, что каждый узел графовой региональной модели связан с прочими узлами не одним, а множеством ребер. Количество ребер называется порядком узла.

Интуитивно понятно, что чем выше порядок узла, тем его труднее изолировать. То есть, если порядок узла больше 1, то ни одно из ребер, соединяющих этот узел с другими, не может быть по отношению к нему «мостом».

Чтобы не выходить из общей системы предлагаемого нами оценивания, введем понятие сложности узла H_{Pi}, как оценки количества принадлежащих ему ребер. Тогда для i-го узла:

$$H_{Pi} = \log_2 n_{Pi},$$

где n_{Pi} – количество ребер, инцидентных данному узлу. Максимальную сложность тогда можно определить как

$$H = \sum_i H_{Pi} = \sum_i \log_2 n_{Pi}.$$

Теперь с учетом сказанного для региональной системы, представленной графовой моделью, оценка ее состояния, выраженная через сложность, определится как:

$$S = \sum_i H_{Pi} - H_B = \sum_i \log_2 n_{Pi} - \log_2 (n_B + 1).$$

Проиллюстрировать это можно, в частности, следующим примером: если в качестве системы мы определяем некоторое федеральное образование, то не так уж сложно построить графовые модели, отражающие ее административно-географическое состояние.

В частности, одной из таких моделей может служить граф связи системы с другими системами того же ранга, где под связью подразумевается наличие общей границы (рисунок).

Другой аналогичной моделью может служить карта железных дорог или линий электропередач.

Рисунок. Граф связности региональной системы (КБР) с окружающими ее подсистемами

Сразу хотим отметить, что модели подобного рода подразумевают использование не только графов (как, например, для автодорог), но и взвешенных орграфов. Понятно, что даже приведенная на рисунке модель, строго говоря, представляет собой взвешенный орграф – причем для полной корректности количество его дуг нужно удвоить и приписать им разные веса! Однако такое уточнение нисколько не изменяет общей концепции моделирования.

Наша концепция предполагает получение множества оценок, характеризующих то или иное распределение объектов, процессов и явлений, происходящих в данной системе. Однако зачастую лицу, принимающему решение, нужна единственная оценка, характеризующая состояние исследуемого региона в комплексе. Таким образом, мы приходим к необходимости свертки частных оценок методами многомерного анализа.

Известно достаточное количество методов подобного анализа, однако мы полагаем наиболее уместными в данной проблеме методы иерархической классификации, называемые также «кластерным анализом» [8].

В настоящее время нами создается программное обеспечение для реализации вышеописанной концепции [9].

Библиография

1. Пэнтл Р. Методы системного анализа окружающей среды. – М.: Мир, 1979.

2. Балкаров Б.Б., Марченко П.Е. Задача построения оценок природно-техногенной опасности территорий. – Нальчик: КБНЦ РАН, 1999.

3. Балкаров Б.Б. Об одной оценке степени природно-антропогенной опасности // Моделирование региональных экономических и медико-экологических процессов. – Нальчик: КБНЦ РАН, 2002.

4. Балкаров Б.Б., Шахбазов М.Дж. Об одном подходе к описанию региональных систем для оценивания их степени подверженности природно-техногенной опасности // Новые технологии в науке о Земле и горном деле: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Нальчик, 2011.

5. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, ГРФ-МЛ, 1986.

6. Гайдышев И. Анализ и обработка данных: специальный справочник. – СПб.: Питер, 2001.

7. Владимирский Б.М., Горстко А.Б., Ерусалимский Я.М. Математика. Общий курс. – СПб.: Лань, 2002.

8. Бажев З.Х., Шахбазов М.Дж. Многомерный анализ оценки состояния региональных систем // Перспектива – 2011: Материалы Международной научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Нальчик, 2011.

9. Бажев З.Х., Шахбазов М.Дж. Редактор графов – инструмент для построения региональных систем // Перспектива – 2012: Материалы Международной научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Нальчик, 2012.

УДК 622.2: 504.06

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКА РУДЫ ПО КРУПНОСТИ

Хакулов В.А., Хакулов В.В., Сыщевич Н.Ф., Ксенофонтов А.С., Ткаченко Л.А.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

Vkh21@yandex.ru

Вовлечение в отработку бедных труднообогатимых руд требует новых подходов к формированию и стабилизации качества руд на стадии горных работ. Для обеспечения рентабельной работы с низкокачественным минеральным сырьем необходимо формирование не только вещественного состава руд, но и формирование потока руды по крупности для условий переработки. В статье предложено новое техническое решение, узловые элементы которого запатентованы, по созданию аппаратно-программного комплекса управления процессами горных работ с целью формирования потока руды по крупности для условий переработки.

Ключевые слова: аппаратно-программный комплекс, подсистема, модуль, формирование потока руды по крупности, высокоточное позиционирование, районирование, цифровая модель, технологическое картирование, рудосортировка, переработка руд.

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF FORMATION OF A STREAM OF ORE ON THE SIZE

Hakulov V.A., Hakulov V.V., Sytsevich N.F., Ksenofontov A.S., Tkachenko L.A.

Kabardino-Balkarian State University of H.M. Berbekov

Involving in working off of poor difficultly enriched ores demands new approaches to formation and stabilization of quality of ores at a stage of mountain works. For maintenance of profitable work with bad quality mineral raw material formation not only material structure of ores, but also formation of a stream of ore on the size for conditions of processing is necessary. In article the technical decision which central elements are patented on creation is offered is hardware a program complex of management of processes of mountain works with the purpose of formation of a stream of ore on the size for conditions of processing.

Key words: a hardware-software complex, a subsystem, the module, formation of a stream of ore on the size, precision positioning, division into districts, digital model, technological drawing up of maps, sorting of ore, processing of ores.

Истощение запасов богатых руд и неизбежное вовлечение в отработку более бедных, сложноструктурных, недостаточно разведанных, труднообогатимых руд требует резкого увеличения объемов переработки и ведет к росту энергозатрат, удорожанию производства, усилению нагрузки на окружающую среду.

Кроме формирования вещественного состава, на стадии горных работ большой проблемой является формирование потока горной массы по крупности. Вовлечение в процесс добычи широкого спектра разнопрочных руд вызывает на стадии обогащения повышенные потери полезных компонентов в труднообогатимых классах крупности, поэтому современные технологии формирования и стабилизации качества руд должны включать не только формирование вещественного состава, но и формирование потока руды по крупности для условий рудосортировки и дальнейшего обогащения. Формирование потока руды по крупности на стадии горных работ актуально еще и для снижения энергоемкости производства. Горное и перерабатывающее производство является одним из самых энергоемких производств. В структуре горно-обогатительного производства наиболее энергоемкими являются процессы дробления и измельчения горной массы. Процессы бурения и экскавации также являются довольно энергоемкими и имеют большие резервы по энергосбережению.

Таким образом, задача формирования потоков горной массы по крупности на стадии горных работ направлена на обеспечение увеличения сквозного извлечения полезных компонентов при добыче и переработке и снижение затрат, в т.ч. энергетических, на процессы горных работ и переработку руд.

Скальные массивы горных пород весьма изменчивы по структуре и прочностным свойствам, поэтому расход бурения и взрывчатых веществ на отбойку 1 м^3 породы может меняться в широких пределах. Проектирование буровзрывных работ осуществляется на основе районирования месторождения по категориям взрываемости.

В условиях отработки массивов горных пород с меняющимися структурными и прочностными свойствами задачи технологического картирования и формирования потоков горной массы по крупности вскрышных, добычных работ, формирования качества руд на стадии горных работ для условий обогатительной фабрики можно решить на основе построения систем районирования массивов горных пород.

Известные системы районирования массивов горных пород имеют существенные недостатки в методической основе. Так, например, существующие и применяемые на практике методики контроля исполнения проектных параметров буровзрывных работ и оценки результатов взрывного дробления массивов горных пород зависят

от субъективного фактора и не позволяют достоверно дифференцировать причину низкого качества взрывных работ на ошибки проектирования и исполнения проекта буровзрывных работ. В частности, в условиях горного производства никак не отслеживается искусственная трещиноватость массивов горных пород, в то же время от 11 до 20 %, а в отдельных случаях до 50 % скважин теряется от обрушения в нарушенных горными работами породах. При этом убытки не замыкаются на стоимости потерянных скважин, обычно это вызывает более серьезные нарушения технологии, требующие другого уровня затрат для их исправления. В то же время интенсивное нарушение массивов горных пород за пределами проектных контуров отбойки говорит о технологических нарушениях, последствия которых будут проявляться при бурении скважин на смежных, нижележащих блоках, о неудовлетворительных результатах взрывных работ при отбойке этих блоков.

Предлагается принципиально новый подход к выбору критерия уточнения районирования массивов горных пород по категориям взрываемости. Условия необходимости корректировки районирования массивов горных пород устанавливаются в процессе многовариантного автоматизированного анализа искусственного трещинообразования за пределами проектных контуров отбойки. Для практической реализации задачи формирования потока горной массы по крупности разработаны и запатентованы конкретные способы уточнения районирования массивов горных пород на стадии выполнения горных работ и способ ведения буровзрывных работ, решающий задачу снижения отрицательного влияния искусственной трещиноватости на результаты горных работ.

Ценность предлагаемого технического решения – в универсальности подхода для массивов горных пород различной трещиноватости. В общем случае рассматриваются зоны околоскважинного и межскважинного пространства. При необходимости может проводиться более глубокий анализ, при котором строятся изолинии изменения энергетических показателей экскавации, характеризующих качество (дробления горной массы или проработки подошвы уступа) по мере удаления от скважинных зарядов.

В предлагаемом техническом решении заложен механизм оценки результатов БВР, который предполагает выделение однородных по характеру и результатам взрывного воздействия участков погашенного околоскважинного и межскважинного пространства:

a) зоны влияния скважин, по которым имели место отклонения от проектных параметров буровзрывных работ;

b) околоскважинное пространство зон влияния скважин, по которым не было отклонений от проектных параметров буровзрывных работ;

g) межскважинное пространство зон влияния скважин, по которым не было отклонений от проектных параметров буровзрывных работ.

Технология внедряется в составе автоматизированной системы включающей современные методы высокоточного позиционирования, коммуникации на основе современных возможностей вычислительной техники, микропроцессорных средств, баз данных, языков программирования высокого уровня.

Рис. 1. Структурная схема АС

Структура автоматизированной системы представлена на рис. 1. Система включает:

1. Подсистему геолого-маркшейдерского обслуживания – ГЕОМАРК [1], которая имеет и постоянно пополняет в цифровом виде данные рельефа местности, положения горных работ, горных объектов, выработок, геологии месторождения, структурных свойств массивов горных пород.

2. Подсистему автоматизированного проектирования буровзрывных работ – САПР БВР [2], с помощью которой предусматривается двухстадийное проектирование БВР. На первой стадии формируются проекты на буре-

ние блоков [3], после исполнения которых на основании соответствия фактических параметров БВР проектным выполняется корректировочный расчет скважинных зарядов [4].

3. Блок контроля проектных параметров – исполнения проекта на бурение [5] .

4. Модуль глубокого анализа результатов буровых работ с целью формирования рекомендаций по нормированию материалов и затрат, планирования горных работ [6].

5. Блок контроля и анализа результатов зарядки скважин [7].

6. Блок анализа работы экскаваторов [8].

7. Базу данных, в которой собираются данные с вышеназванных подсистем для дальнейшего анализа [9].

8. Блок системного анализа, который на основе обработки фактических параметров БВР и результатов экскавации (отработки экскаваторного блока) выполняет корректировку модели районирования массивов пород и параметров БВР [10].

Для обеспечения своевременными и достоверными данными, минимально зависящими от влияния субъективного фактора, используются средства высокоточного позиционирования, с которыми работают следующие блоки и подсистемы:

1. Подсистема контроля проектных параметров буровых работ, элементы которой устанавливаются на буровых станках, имеет средства высокоточного позиционирования [5], средства коммуникации для загрузки проекта на бурение, выполненного САПР БВР, передачи на сервер результатов исполнения проекта.

Данные подсистемы контроля проектных параметров буровых работ – исполнения проекта на бурение – поступают в модуль анализа буровых работ [6], в котором, в частности, устанавливаются отклонения от проектных параметров и прогнозируется влияние этих отклонений на результаты горных работ. Данные прогнозирования уточняются в процессе экскавации отбитой горной массы блока [8].

2. Блок контроля зарядки скважин [7] устанавливается на зарядной машине, имеет средства высокоточного позиционирования, с помощью которых осуществляется идентификация заряжаемой скважины для контроля правильности исполнения корректировочного расчета скважинных зарядов. Результаты установления фактических параметров (что очень важно – контрольный замер глубины скважины производится непосредственно перед зарядкой, при этом устанавливается фактическое положение скважинного заряда по высоте) буровзрывных работ передаются в базу данных [9]. В случае установления факта отклонения параметров скважины (например, глубины) от величин, учтенных в корректировочном расчете, для исключения критических ситуаций может приниматься оперативное решение корректировки скважинного заряда.

3. Подсистема анализа работы экскаваторов [7]. Основные элементы данной подсистемы устанавливаются на экскаваторах, имеют средства высокоточного позиционирования ковша экскаватора, периферийное микропроцессорное оборудование для регистрации с заданной частотой токов якоря двигателей напора, подъема, поворота и открывания днища. Периферийное оборудование выполняется в виде унифицированных микропроцессорных модулей. Задачей микропроцессорных модулей является измерение с определенной частотой значений токов (токов и напряжений) соответствующих двигателей, которые сохраняются в базе данных вместе с координатами ковша экскаватора. После предварительной обработки значения токов привязываются к операциям цикла экскавации. Весь обрабатываемый массив данных делится, как минимум, на три части. Как уже отмечалось выше, отдельно выделяются данные зоны ответственности скважин с отклонениями параметров БВР от проектных. По зонам ответственности скважин со значениями параметров БВР, соответствующими проектным, определяются показатели, энергетически характеризующие состояние подошвы уступа и гранулометрический состав горной массы околоскважинного и межскважинного пространства.

В предлагаемом техническом решении заложен механизм оценки результатов БВР, который предполагает:

Выделение однородных по характеру и результатам взрывного воздействия участков погашенного околоскважинного и межскважинного пространства:

a) зоны влияния скважин, по которым имели место отклонения от проектных параметров буровзрывных работ;

b) околоскважинное пространство зон влияния скважин, по которым не было отклонений от проектных параметров буровзрывных работ;

c) межскважинное пространство зон влияния скважин, по которым не было отклонений от проектных параметров буровзрывных работ.

Предлагаемое решение позволяет повысить эффективность районирования пород по взрываемости и улучшить параметры буровзрывных работ, влияющие на состояние экскаваторного забоя:

- качество проработки подошвы уступа;
- формирование компактного навала горной массы;
- качество дробления массива горных пород.

В конечном счете обеспечивается повышение эффективности последующих процессов горных работ (экскавации, транспортирования горной массы) и рудоподготовки к обогащению.

Библиография

1. Патент РФ 2279546. Способ разработки месторождений скального и полускального типов разноблочной структуры / Г.В. Секисов, Ю.А. Мамаев, Д.В. Левин, Д.Г. Данильченко.

2. А.с. №1351249 СССР. Даниленко Г.И., Хакулов В.А., Бахарев Л.В., Алимирзоев Г.А., Земляной Г.И. Способ отбойки горных пород, 1987.

3. Хакулов В.В. Совершенствование проектирования буровзрывных работ для карьеров на основе саморазвивающихся моделей районирования массивов горных пород // Горный информационный аналитический бюллетень. – 2010. – № 7. – С. 28–31.

4. Протодьяконов М.М. Материалы для урочного положения горных работ. – Ч. 1. – М.: Издательство ЦК горнорабочих, 1926.

5. Суханов А.Ф. К вопросу единой классификации горных пород. – М.: Углетехиздат, 1947.

6. Барон Л.И. Об акустической жесткости как критерии сопротивляемости горных пород разрушению, дроблению динамическими нагрузками // Взрывное дело, №67/24. – М.: Недра, 1969. НТО горное.

7. Барон Л.И., Коняшин Ю.Г., Курбатов В.М. Дробимость горных пород. – М.: Академия наук СССР, 1963.

8. Барон Л.И. Кусковатостъ и методы ее измерения. – М.: АН СССР, 1960. – 123 с.

9. Барон Л.И., Личели Г.П. Трещиноватость горных пород при взрывной отбойке. – М.: Недра, 1966. – 136 с.

10. Мосинец В.Н. Энергетические и корреляционные связи процесса разрушения пород взрывом. – Фрунзе: Издательство АН Кирг. ССР, 1963. – 233 с.

УДК 004.942

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Кравцов С.В.

ЗАО НПО «МЕКОМП»

7554371@gmail.com

С целью повышения эффективности технологических комплексов в современных условиях рассмотрена методика исследования и оценки производственной мощности металлургического производства. Для оптимизации производственной мощности разработаны процедуры использования имитационных моделей в организации управления производством.

Ключевые слова: производственная мощность, технологический комплекс, имитационное моделирование.

USE OF SIMULATION MODELING AS AN INSTRUMENT TO MANAGE TECHNOLOGICAL COMPLEX PRODUCTION CAPACITY

Kravtsov S.V.

ZAO NPO «MECOMP»

To enhance efficiency of present-day technological complexes a methodology to study and evaluate production capacity of metallurgical enterprise was considered. Procedures to use simulation modeling in organizing production management were elaborated to optimize production capacity.

Key words: production capacity, technological complex, simulation modeling.

Постановка задачи

На современных предприятиях (особенно машиностроительных, металлургических и др.) большая часть продукции производится в автоматизированных технологических комплексах (АТК). Для анализа альтернативных технологических и управленческих решений разрабатываются и применяются экономико-математические и имитационные модели влияния различных технологических параметров и вероятностных факторов на эффективность и надежность функционирования АТК. С использованием этих моделей синтезируются наиболее эффективные и экономичные решения. Важнейшей интегральной характеристикой внутреннего ресурсного потенциала предприятия является его производственная мощность [1]. С учётом новых возможностей повышения эффективности технологических и бизнес-процессов повышается актуальность решений в области управления производственной мощностью предприятия.

Целью исследования в настоящей работе является разработка подходов и методов имитационного моделирования, обеспечивающих дальнейшее совершенствование проектирования и управления технологическими комплексами на примере металлургического производства. Для достижения этой цели в работе были поставлены и решались задачи разработки:

- имитационных моделей металлургического производства;
- подходов к исследованию и оценке производственной мощности металлургических комплексов на основе имитационного моделирования;
- процедур использования имитационных моделей при оптимизации производственной мощности предприятия.

Таким образом, объектом исследования в работе является производственная мощность современных технологических комплексов металлургической промышленности, а предметом исследования – математические и имитационные модели и методы оптимизации технологических и бизнес-процессов.

Методика построения имитационных моделей металлургического производства

Компьютерная имитационная модель производства должна моделировать производственную цепочку, моделируемыми объектами которой приняты отдельные производственные подразделения предприятия. Для металлургического комплекса – это электросталеплавильный цех и машина непрерывного литья заготовок, обжимной, листопрокатный и сортопрокатный цехи и т.п.

Адекватность имитационной модели, т.е. степень соответствия смоделированной производственной ситуации с реальной по временным показателям, определяется с использованием коэффициента схожести расчетной и фактической производственных программ. Величину коэффициента схожести предлагается рассчитывать по формуле:

$$K_{\text{сх}} = \frac{|\Delta T|}{|T_{\text{ф}}|} = \frac{\sum_{ij}^{nm} \left| \left(t_{ij} - t_{ij}^{\text{ф}} \right) \right|}{\sum_{ij}^{nm} t_{ij}^{\text{ф}}},$$

где $\Delta T = T - T_{\phi} = \left\| t_{ij} - t_{ij}^{\phi} \right\|$ – матрица разностей рассчитанной T и фактической $T_{\text{ф}}$ производственных программ; i – номер позиции заказа; j – номер точки сбора данных; m – количество точек сбора данных в цехе за ограниченный интервал времени; n – количество позиций заказов.

Можно считать, что модель реально имитирует производственные процессы, при условии, что для каждого из тестируемых временных периодов $K_{\text{сх}} \le 0{,}05$.

Подход к оценке производственной мощности металлургических комплексов на основе имитационного моделирования

Используя современную трактовку производственной мощности [1, 2], обозначим фактическую производственную мощность j-го агрегата, которая может быть реализована на данном оборудовании конкретного предприятия, через $P_j^{\text{ф}}$. Фактическое состояние производственной мощности $P_j^{\text{ф}}$ можно определить исходя из технически возможной производственной мощности $P_j^{\text{В}}$ с учетом состояния оборудования, качества сырья, исходного продукта с предшествующего передела и квалификационного потенциала обслуживающего и оперативного персонала. Технически возможная производственная мощность определяется на основе максимальных значений процедурных и ресурсных характеристик при максимальной технически возможной производительности данного вида оборудования, производственного комплекса или технологического маршрута.

Зависимость значения фактической производственной мощности от действия вышеприведенных факторов имеет вероятностную природу и по величине различна для каждого агрегата и каждого металлургического производства; усредненную характеристику этой зависимости можно получить как математическое ожидание потери производительности из-за простоев оборудования, связанных с отказами:

$$f_j^{\text{отк}} = 1 - \frac{T_{jL}^{\text{пл}}}{\sum_{l=1}^{L-1} T_{jl}^{\text{пл}}} \left(\sum_{l=1}^{L-1} \sum_{i-1}^{n_l^{\text{отк}}} \tau_{ijl}^{\text{отк}} \right),$$

где $T_L^{\text{пл}}, T_l^{\text{пл}}$ – соответственно длительности текущего и предшествующих периодов планирования, принятых для расчёта математического ожидания; $\tau_{il}^{\text{отк}}, n_l^{\text{отк}}$ – соответственно длительность простоя и число отказов оборудования в l-ом плановом периоде.

Имитационное моделирование является средством оценки характеристик $\tau_{il}^{\text{отк}}, n_l^{\text{отк}}$.

Характеристики поступающих в переработку исходных материалов на каждой стадии и на каждом агрегате определяют не только качество продукции, но и производительность данного агрегата. Эти зависимости имеют экспоненциально возрастающий характер, а предел насыщения связан с процедурными и продуктивными ограничениями производственной мощности. С учетом изложенного получена зависимость для вычисления фактической производственной мощности:

$$P_j^{\Phi} = K_n \left(1 - \Delta R_j^n \right) \cdot P_j^{\text{В}} \cdot f_j^{\text{отк}} \prod_{\mu=1}^{M} \left[1 - \alpha_{\mu}^{E} \exp\left(-\beta_{\mu}^{E} \cdot E_{\mu j} \right) \right].$$

Здесь $E_{\mu j}$ – качественная характеристика μ-го материального ресурса; $\alpha_{\mu}^{E}, \beta_{\mu}^{E}$ – параметры, определяемые эспериментальным и экспертным путем (в нашем случае – и с использованием имитационных моделей).

Плановый объем $V_j^{\text{їё}}$ продукции в планируемом периоде t определяется как сумма заказов на производство всех видов продукции V_i ($i = 1,\ldots, n$) для i-го агрегата:

$$V_j^{\text{пл}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{пл}}} V_{ij} \cdot$$

Процедуры использования имитационных моделей при оптимизации производственной мощности в организации управления производством

Повышение эффективности использования производственных мощностей связано с минимизацией в основном издержек от недоиспользования производственных мощностей, потерь при невыполнении планового задания вследствие действия случайных факторов, обусловленных спецификой производства и эксплуатационных затрат при поддержании работы оборудования на режимах, близких к максимальным значениям производственной мощности. В связи с этим разработана процедура использования имитационных моделей при оптимизации производст-

венной мощности с учетом возможности нелинейной зависимости издержек, связанных с недоиспользованием производственных мощностей при изменении плановых заданий.

Издержки $q_j^{\text{НМ}}$, связанные с недоиспользованием производственных мощностей при увеличении плановых заданий, уменьшаются от значений, равных текущей величине стоимости производственной мощности при ее простое $q_j^{\text{НМ}}(t)$, до 0, что теоретически возможно при $V_j^{\text{пл}} = P_j^{\text{ф}}$. При приближении плановых заданий к максимально возможным значениям производственных мощностей увеличиваются потери, связанные с вероятностью невыполнения плана (обозначим их $q_j^{\text{НП}}$), и эксплуатационные потери на поддержание предельных значений производственных мощностей (обозначим их $q_j^{\text{Э}}$). Эти зависимости носят экспоненциально возрастающий характер и могут быть получены на основе результатов имитационного моделирования.

Значение оптимального страхового резерва производственной мощности определяется из выражения

$$\Delta P_j^* = P^{\Phi}{}_j\left(1 - B^*\right),$$

где B^* – показатель использования производственной мощности конкретного металлургического объекта, величина которого зависит от $q_j^{\text{НМ}}$, $q_j^{\text{НП}}$ и $q_j^{\text{Э}}$.

Оптимальное плановое задание по затратам на производство можно определить при известной производственной мощности агрегата:

$$V_j^{\text{пл}} = B^* P_j^{\Phi}.$$

Разработка базовых модулей имитационной системы

Поскольку имитационная система должна описывать функционирование объекта во времени и в пространстве, необходимо выделить ее базовые модули, имитирующие элементарные части или явления, составляющие структуру системы с сохранением логических связей и последовательности протекания во времени. Для этого предложены принципы разработки базовых модулей имитационной системы [3], в основе которых лежит исследование модели отдельного агрегата. Осуществляется формирование множества состояний агрегата, множества управлений от АСУ, ограничений на состояния и управления, логических условий переходов и др. Далее формируются множества альтернатив агрегатов и технологических схем, результатом чего и является реализация имитационной модели комплекса.

Базовыми модулями в имитационных системах для совершенствования технологий являются как модели основных технологических процессов и участков, так и модели их совокупности. При имитационном моделировании бизнес-процессов и информационных систем базовые модули формируются в соответствии с предложенным подходом из шаблонов, представляющих собой сегменты модели, реализующие отдельные технологические операции. Каждый из этих шаблонов в соответствии с функциональным и организационным делением предприятия может быть использован в модели неоднократно с учетом индивидуальных особенностей и настроек.

Заключение

Настоящая работа направлена на решение важной научно-технической проблемы совершенствования методов имитационного моделирования при анализе и синтезе производственной мощности технологических комплексов. Полученные в работе результаты использованы при разработке имитационных приложений для разных уровней автоматизации металлургических предприятий, в частности, для анализа и оценки производственных мощностей Аксуского завода ферросплавов [4].

Библиография

1. Смирнов В.С., Власов С.А., Ваулинский Е.С., Лебедев Б.И. Методы и модели управления проектами в металлургии. – М.: СИНТЕГ, 2001. – 176 с.

2. Власов С.А., Кравцов С.В., Волочек Н.Г., Никулина И.В. Использование имитационных моделей при оптимизации производственной мощности в организации управления металлургическим производством // Наука и производство Урала: межрегиональный сборник научных трудов. – Новотроицк: НФ МИСиС, 2008. – С. 70–73.

3. Власов С.А., Генкин А.Л., Никулина И.В., Волочек Н.Г., Кравцов С.В. Ситуационное оперативное управление металлургическими объектами с изменяющимися организационными и технологическими параметрами // Наука и производство Урала: межрегиональный сборник научных трудов. – Новотроицк: НФ МИСиС, 2009. – С. 79–83.

4. Усанов Д.И., Власов С.А., Девятков В.В., Кравцов С.В. Имитационное приложение для системы оценки производственных мощностей Аксуского завода ферросплавов // Передовые информационные технологии, средства и системы автоматизации и их внедрение на российских предприятиях: труды международной научно-практической конференции. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 496–508.

УДК 621.391

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Алимурадов А.К., Тычков А.Ю.

Пензенский государственный университет

tychkov-a@mail.ru

Показано, что эффективность обработки речевых сигналов напрямую зависит от качества устранения помех. Предложено для подавления помех в речевых сигналах использовать метод множественной декомпозиции на эмпирические моды. Разработан алгоритм помехоподавления, основанный на оценке значений энергии отдельных эмпирических мод и их удалении.

Ключевые слова: речевой сигнал, голосовое управление, фильтрация, множественная декомпозиция на эмпирические моды, поверхность энергетической плотности.

SPEECH SIGNAL PROCESSING METHOD BASED ON THE DECOMPOSITION AND ENERGY ESTIMATION EMPIRICAL MODE AND THE HILBERT-HUANG TRANSFORM

Alimuradov A.K., Tychkov A.Y.

Penza State University

It is shown that efficiency of processing of speech signals directly depends on the quality of noise elimination. It is offered for suppression of noises in speech signals to use a method of plural decomposition on empirical modes. The algorithm for suppression of noises, based on estimations of values of energy of separate empirical modes and their removal is developed.

Keywords: a speech signal, voice-activated control, a filtration, plural decomposition on empirical fashions, a surface of power density.

Задача идентификации личности по её голосу была поставлена более 40 лет назад, и исследования в этой области все еще продолжаются. Решение этой задачи очень важно и может найти применение в криминалистике, радиоразведке, контрразведке, антитеррористическом мониторинге, обеспечении безопасности доступа к физическим объектам, информационным и финансовым ресурсам. В зависимости от конкретной цели в задачах по идентификации личности применяют различные методы [1].

Исследование проблемы идентификации личности по голосу начиналось в интересах юриспруденции, криминалистики и контрразведки. Поэтому сначала проблема рассматривалась как аналогичная проблеме распознавания отпечатков пальцев. В связи с развитием информационных технологий в настоящее время в идентификации личности по голосу, помимо государственных учреждений, заинтересованы бизнес-структуры и многочисленные категории пользователей информационных услуг. Несмотря на интенсивные научные исследования и появляющиеся время от времени сообщения о феноменальной эффективности разработанных систем идентификации, реальное их применение, за исключением узких областей, сильно ограничено, что подтверждается регулярными годовыми отчетами Gartner Group, констатирующих, что лишь около 1 % процента объема потенциальных пользователей удовлетворено эффективностью коммерческих систем идентификации личности. Нельзя сказать, что прогресс в этой области вообще отсутствует: современная наука демонстрирует постепенное повышение эффективности систем идентификации личности. Тем не менее практическое применение этих систем ограничено, поскольку их характеристики еще далеки от требований потребителей. Поэтому и возникает необходимость в постоянных исследованиях этого вопроса, применении современных адаптивных математических аппаратов в системах идентификации личности по голосу, и это подтверждает актуальность данной темы.

Идентификация личности по голосу содержит два основных этапа: регистрация пользователей в системе и сам процесс идентификации. Пользователи предварительно регистрируются в системе, записав свои голоса. Образец голоса каждого пользователя обрабатывается с целью извлечения информативных параметров, которые могут быть использованы для идентификации. Параметры, представляющие индивидуальную особенность голоса пользователя, должны обладать релевантностью для задачи идентификации. Одним из основных информативных параметров голоса является частота повторения колебаний голосовых связок при произнесении вокализированной речи, называемая основным тоном (ОТ).

Голосовые сообщения являются нестационарными и нелинейными сигналами сложной формы, амплитудные и временные параметры которых индивидуальны для каждого человека. Учитывая данный факт, в устройствах по идентификации возникает серьезная проблема регистрация информативных параметров с целью их обработки. Ошибки в выделении ОТ приводят к значительному снижению вероятности правильной идентификации личности. Методы, используемые в современных устройствах идентификации, зачастую не справляются с задачей корректного выделения ОТ в условиях работы с нестационарными и нелинейными голосовыми сообщениями.

Таким образом, разработка метода выделения ОТ, обеспечивающего точную и надежную оценку значений его частоты, работающего с реальными голосовыми сообщениями, для систем идентификации личности является актуальной и важной.

Голосовые сообщения образуются артикуляционным аппаратом человека [2]. Они подразделяются на вокализованные и невокализованные участки: вокализованные образуются в результате колебания голосовых связок; невокализованные образуются в результате непериодических колебаний выходящих из лёгких струй воздуха. Среднее значение этой частоты колеблется у разных людей, и у каждого говорящего имеется отклонение в пределах октавы выше или ниже центральной частоты. Поэтому эти сигналы не только передают информацию, но и дают сведения о голосовых характеристиках говорящего, что позволяет идентифицировать его по голосу.

Методы определения частоты ОТ на сегодняшний день в грубой интерпретации можно подразделить на два основных: **временной** и **спектральный** [3]. Суть временного метода заключается в определении периода ОТ между характерными точками речевого сигнала с последующим вычислением частоты ОТ. С точки зрения технической реализации в качестве характерных точек могут быть выбраны главные максимумы и моменты пересечения нулевой оси времени функцией речевого сигнала. Главным недостатком временных методов является неоднозначность выделения характерных точек, связанная с шумами и смещениями нулевого уровня. Спектральный метод основан на выделении ОТ речи из спектрального описания речевого сигнала. Гармонические составляющие периодического речевого сигнала располагаются равномерно на расстоянии, равном или кратном частоте ОТ. Информация об основном тоне фактически распределена по всему спектру, что дает возможность определить частоту ОТ по любому диапазону частот речевого сигнала. Для выделения ОТ можно использовать тот факт, что все гармонические составляющие кратны частоте ОТ, даже если они расположены не рядом друг с другом. К недостаткам данного метода относится снижение точности определения частоты ОТ при нерегулярной гармонической структуре сигнала, объясняемой нелинейностью и нестационарностью голоса.

Из вышеприведенного отметим сложность реализации данных методов для нелинейных и нестационарных сигналов, каковыми и являются голосовые сообщения. То есть низкая степень адаптации и сложность реализации математического аппарата. Проведенный анализ существующих методов показал перспективность использования в выделении и определении частоты ОТ нового подхода на основе преобразования Гильберта–Хуанга [4], включающего метод множественной декомпозиции на эмпирические моды (МДЭМ). Основным преимуществом МДЭМ является высокая адаптивность, проявляющаяся в том, что базисные функции, используемые при разложении речевых сигналов, извлекаются непосредственно из самого исходного сигнала и позволяют учитывать только ему свойственные особенности и сложную внутреннюю структуру.

Для анализа метода было рассмотрено голосовое сообщение – звук согласной звонкой фонемы длительностью 20 мсек.

Определение частоты ОТ осуществляется исходя из информативных эмпирических мод по их частотным характеристикам с применением принципа «гармонического сита». Показатель равной ошибки EER предложеного метода в сравнении с другими методами идентификации при тестировании на одном и том же голосовом сообщении находится в диапазоне 3–5 % против 6–10 %.

Библиография

1. Первушин Е.А. Обзор основных методов распознавания дикторов // Математические структуры и моделирование. – 2011. – Вып. 24. – С. 41–54.

2. Галунов В.И., Тампель И.Б. Механизм работы голосового источника // Акустический журнал. – 1981. – Т. 27. – Вып. 3. – С. 321–334.

3. Лузин Д.А. Разработка и исследование системы автоматического выделения основного тона речи: дисс. … канд. техн. наук. – Ижевск, 2009. – 168 с.

4. Gaston S., Maria Eugenia T., Hugo L.R. A new algorithm for instantaneous of speech extraction based on ensemble empirical mode decomposition, 17th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2009), Glasgow. Scotland. – August 24–28, 2009. – P. 2347–2351.

УДК 62-51

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕСА БУМАЖНОГО ПОЛОТНА НА БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ

Никулин С.В.

Пензенский государственный университет

kiberius@mail.ru

Рассматривается подход улучшения качества регулирования веса в бумажном производстве с использованием разложения на поперечную и продольную неоднородность веса бумажного полотна.

Ключевые слова: сканирующее устройство, бумажное полотно, стабилизация веса.

IMPROVING THE QUALITY OF REGULATION WEIGHT PAPER WEB ON A PAPER MACHINE

Nikulin S.V.

Penza State University

An approach to improve the quality of weight management in the paper industry by expanding into transverse and longitudinal heterogeneity weight paper web.

Keywords: scanner, paper web, weight stabilization.

Вес квадратного метра бумаги является самым значимым ее свойством, от которого зависит ее применение. Чем меньше изменяется вес, тем лучше считается бумага, поэтому необходимо точно регулировать вес бумажного полотна на бумагоделательной машине. Для производства качественной бумаги необходимо обеспечить одинаковую линейную плотность бумажного полотна как в продольном, так и в поперечном направлении [1]. Регулирование веса производимой бумаги осуществляется правильным выбором технологического режима бумагоделательной машины (скорость машины, уровень массы в напускном устройстве).

Стабилизация веса в продольном направлении происходит с помощью массной задвижки, которая устанавливается перед смесительным насосом (изменение подачи бумажной массы при смешивании потока с водой). Информация о весе квадратного метра бумажного полотна поступает со сканирующего устройства, расположенного в конце бумагоделательной машины. Сканирующее устройство состоит из нескольких датчиков, которые перемещаются по бумажному полотну в поперечном направлении по специальным направляющим. При весе меньше задания вентиль открывается, увеличивая концентрацию бумажной массы. Функциональная схема приведена на рис. 1.

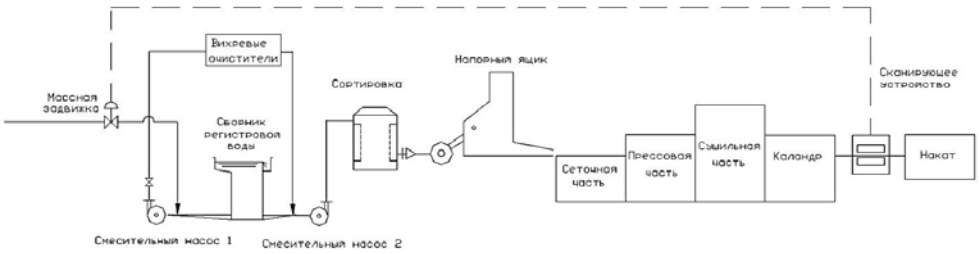


Рис. 1. Функциональная схема регулирования веса бумажного полотна

Стабилизация веса в поперечном направлении осуществляется с помощью изменения геометрии выпускной щели напорного ящика (рис. 2), откуда бумажная масса выливается на сетку. Для этого к верхней планке щели из тонкой стали прикреплены штыри с червячными редукторами. Их количество определяет число зон регулирования веса бумажного полотна в поперечном направлении.

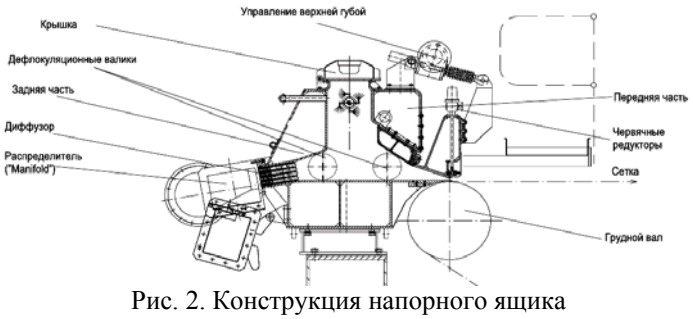


Рис. 2. Конструкция напорного ящика

Сканирующее устройство перемещается в поперечном направлении бумажного полотна и с учетом его движения измеряет вес метра квадратного по диагонали, находя среднее значение веса в каждой зоне.

Рассмотрим последовательность обработки данных, поступающих со сканера.

1. Необходимо учитывать направление движения сканера. При движении в обратную сторону алгоритм должен проводить вычисления с последней зоны.

2. Сканер делает измерения постоянно, поэтому дискретность вычислений ограничена циклом выполнения программы в промышленном контроллере. Среднее значение веса в каждой зоне определяется по формуле [2]:

$$y(k) = y(k-1) + \frac{1}{N}[y_{тек}(k) - y(k-1)],$$

где k – номер измерения в зоне;

N – количество измерений в одной зоне;

y(k) – среднее значение веса в зоне;

y(k – 1) – предыдущее среднее значение веса;

$y_{тек}(k)$ – текущее значение веса;

$y_i(k-N)$ – значение кривизны профиля в зоне.

3. Находим изменение веса бумажного полотна в поперечном направлении, используя алгоритм усреднения с конечной памятью:

$$s_i(k) = s_i(k-1) + \frac{1}{N}[y_i(k) - y_i(k-N)],$$

где *i* – номер зоны измерения;

k – номер прохода сканирующего устройства;

N – количество проходов, использующихся для формирования профиля;

$s_i(k)$ – среднее значение кривизны профиля в зоне в текущем проходе;

$s_i(k-1)$ – среднее значение кривизны профиля в предыдущем проходе;

$y_i(k)$ – значение кривизны профиля в зоне в текущем проходе;

$y_i(k-N)$ – значение кривизны профиля в зоне.

4. Вычисляем среднее значение веса бумажного полотна, суммировав значения со всех зон и поделив результат на их количество.

5. Центрируем профиль, вычитая из значений веса в каждой зоне среднее значение веса. Центрированный график кривизны профиля бумажного полотна представлен на рис. 3. По оси абсцисс отложены зоны, в которых идет измерение, по оси ординат – вес в г/м^2.

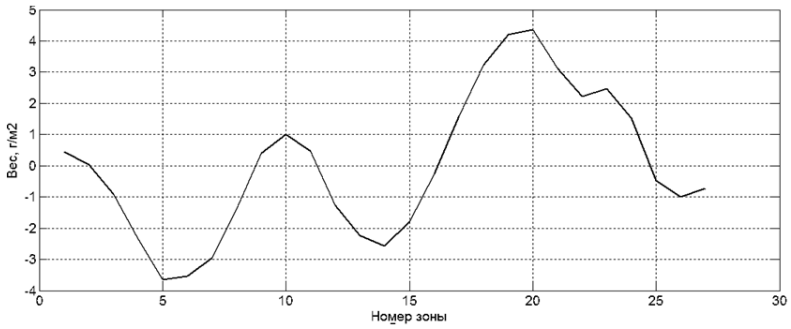


Рис. 3. Профиль бумажного полотна

Эти данные используются для изменения геометрии выпускной щели напорного ящика и коррекции временного ряда изменения веса, поступающего со сканера (рис. 4).

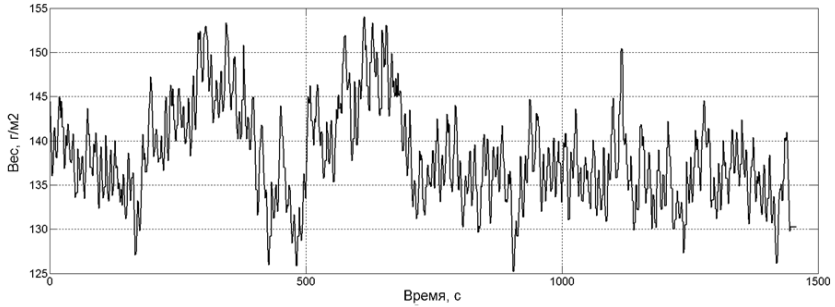


Рис. 4. Показания сканера о значении веса бумажного полотна

6. Профиль бумажного полотна постоянно изменяется в реальном значении времени в связи с неоднородностью степени загрязнения сетки и сукон на бумагоделательной машине. Измерение веса и преобразованное в соответствии с кривизной профиля продольное измерение веса изображены на рис. 5.

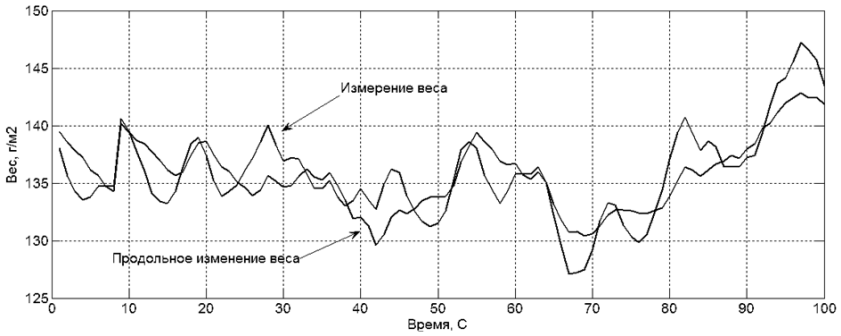


Рис. 5. Измерение веса и его преобразование

В регуляторах, использующих измерение веса без преобразования со сканирующего устройства, управляющее воздействие происходило через время, равное или большее времени одного прохода сканера. Это использовалось для компенсации кривизны профиля с помощью вычисления среднего значения веса за проход. Если замкнуть контур регулирования на продольное изменение веса, то необязательно ждать целый проход сканера. Структурная схема представлена на рис. 6.

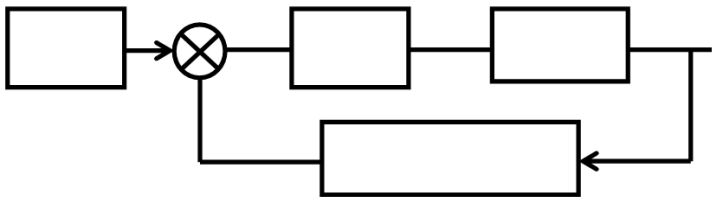


Рис. 6. Структурная схема контура регулирования веса

Данное ускорение динамики контура (снижение времени запаздывания) управления весом будет применимо для перегруженной линии массоподготовки при нарушении технологических режимов работы бумагоделательной машины, что нередко происходит на производстве из-за широкого ассортимента выпускаемой на одной бумагоделательной машине продукции.

Библиография

1. Иванов С.Н. Технология бумаги. – Изд. 3-е. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.
2. Изерман Р. Цифровые системы управления: пер. с. англ. – М.: Мир, 1984. – 541 с.

УДК 519.6, 004.89

ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРА ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МЕЖПРОЦЕССОРНОГО ТРАФИКА

[1]Соломенцев Ю.М., [1]Шептунов С.А., [2]Кабак И.С., [2]Суханова Н.В.

[1]ИКТИ РАН, [2]МГТУ «СТАНКИН»

ship@ikti.ru

Прогнозы в области развития суперкомпьютерной техники показывают, что в течение ближайших 10 лет производительность суперкомпьютеров возрастает в среднем в 1000 раз. Решениями руководства страны планируются научно-технические работы, целью которых будет достижение производительности 1 эЭксафлопс (10^{18}оп/с) к 2018–2020 гг. Как ожидается, системы эксафлопсной производительности будут содержать до 10^8 процессорных ядер, что потребует решений, связанных с их энергопотреблением, надежностью и конструктивными размерами [1].

Ключевые слова: суперкомпьютеры, искусственные нейронные сети.

INCREASE OF SPEED OF A SUPERCOMPUTER AT THE EXPENSE OF OPTIMIZATION OF THE INFORMATION INTERPROCESSOR TRAFFIC

[1]Solomentsev U.M., [1]Sheptunov S.A., [2]Kabak I.S., [2]Sukhanova N.V.

[1]IKTI RAS, [2]MSTU «STANKIN»

Forecasts in the field of development of supercomputer technics show that within the next 10 years productivity of supercomputers increases on the average in 1000 times. Country leaders decisions plan the scientific and technical works achievement of productivity of 1 Exaflops (10^{18}op/c) to 2018–2020 гг. will be which purpose. Predictably, systems exaflop productivity will contain to 10^8 processor kernels that will demand the decisions connected by their power consumption, reliability and the constructive sizes.

Keywords: supercomputer, artificial neurons networks.

Согласно оценкам ведущих зарубежных экспертов [2, 3], при использовании имеющихся в настоящее время технологий суперкомпьютер производительностью 1 эксафлоп/с (появление которых прогнозируется к 2020 г.) будет иметь до 10^8 процессорных ядер и потреблять до 100 МВт.

Использование такого количества процессоров в суперкомпьютерной системе ставит вопрос о передаче информации от одного процессора другим (при решении несколькими процессорами одной задачи). Современные технологии передачи информации позволяют передавать до 10–30 Гбит/сек.

Объем передаваемой по сети информации S бит в секунду можно оценить по формуле: S= Sc x n x Pc x V, где Sc – среднее количество обменов информацией от одного процессорного блока другому за одну операцию; n – количество процессорных блоков в системе; Pc – производительность процессорного блока в операциях в секунду; V – размер передаваемого пакета в битах – средний объем информации, передаваемой от одного процессора другому.

Если для приблизительной оценки принять значения Sc = 0,01; n = 10^8; Pc = 10^{18}оп/с; V = 100, то объем передаваемой по сети информации S будет около 10^{36} битов. Сравним с предполагаемой производительностью сети 10–30 Гбит в секунду и убедимся, что топологии сети, обеспечивающие последовательную передачу информации по кабелю (топологии типа «шина», «звезда» или «кольцо»), не подходят. Ячеистая топология также не подходит.

Рассмотрим суперкомпьютер с гиперкубической или аналогичной топологией межпроцессорной сети, способной обеспечить передачу информации между процессорными модулями. Количество линий связи между процессорными элементами возрастает, что позволяет разделить и распараллелить потоки межпроцессорной информации. Суммарная производительность межпроцессорной сети существенно возрастет.

Путь передачи информации от одного процессорного элемента другому может проходить через промежуточный процессорный элемент. Процессорный элемент включает не только собственно центральный процессор и локальную память, но и транспортный (сетевой) процессор, отвечающий за обмен информацией по сети (рис. 1).

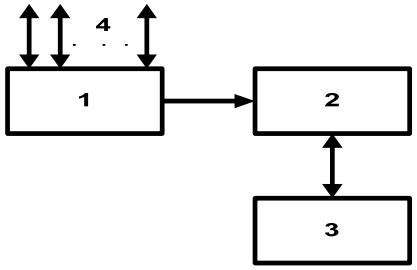


Рис. 1. Архитектура процессорного элемента суперкомпьютера:
1 – транспортный процессор;
2 – центральный процессор;
3 – локальная память; 4 – линии связи (сеть)

Транспортный процессор задействован как в передачах собственной информации (отправителем или получателем является данный элемент), так и в передаче промежуточной информации (ни отправителем, ни получателем не является). Чем меньше количество промежуточных процессорных элементов, тем выше эффективность информационной межпроцессорной сети.

При работе процессорных элементов с общей для них памятью (рис. 2) блок оперативной памяти можно рассматривать с точки зрения межпроцессорной сети как некоторый процессорный элемент, который только хранит, но не обрабатывает данные.

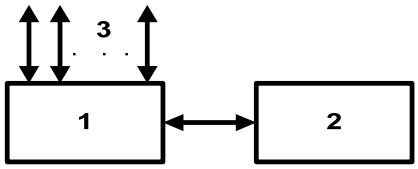


Рис. 2. Архитектура элемента оперативной памяти суперкомпьютера: 1 – транспортный процессор; 2 – устройство (модуль) оперативной памяти; 3 – сеть

Длина маршрута межпроцессорного информационного потока зависит от количества промежуточных процессорных элементов. Загрузка каждого сетевого процессора процессорного элемента зависит от количества проходящих через него маршрутов.

Будем считать длиною маршрута количество промежуточных процессорных элементов, через которые он проходит. Можно поставить несколько оптимизационных задач, позволяющих снизить нагрузку на процессорные элементы и повысить быстродействие суперкомпьютера.

Первая оптимизационная задача – снизить нагрузку на транспортный процессор каждого процессорного элемента и обеспечить уровень нагрузки, не превышающий заданный.

Вторая оптимизационная задача – минимизировать длину пути каждого маршрута.

Величина транспортного информационного потока определяется решаемой на суперкомпьютере задачей, степенью распараллеливания вычислений и рядом других, менее значимых параметров. Для примера рассмотрим кубическую (трехмерную) транспортную систему, состоящую из N= i x j x k процессорных элементов.

Задача, решаемая на компьютере, состоит из ряда параллельно выполняемых нитей. Нить загружается на отдельный процессор и им выполняется. Для совместной работы нити должны обмениваться информацией между собой, а также с оперативной памятью. Обмен происходит периодически. В терминах процессорных элементов и транспортной сети это означает, что процессорные элементы обмениваются информацией друг с другом. Каждый такой обмен представляет собой маршрут в системе и проходит через ряд промежуточных процессорных элементов.

Для определения таких маршрутов в суперкомпьютерной системе имеется специальное устройство. Это устройство называется маршрутизатором и может быть выполнено как отдельное аппаратное устройство или как исполняемая одним или несколькими процессорными элементами программа.

Функция маршрутизатора – определение траектории передачи информации от одного блока другому. Поставленные оптимизационные задачи должны решаться именно в этом блоке.

Исходя из предположения, что «узким местом» в суперкомпьютере является транспортная система, снизим нагрузку транспортных процессоров процессорных блоков. Для этого используем решения, реализованные в протоколе «ATM-статические маршруты передачи информации».

В процессе маршрутизации определяется маршрут (последовательность) процессорных блоков, через которые будет происходить передача информации. Чем меньше количество промежуточных элементов, тем быстрее будет передаваться информации и меньше использоваться совокупная транспортная система. В этом и заключается вторая оптимизационная задача.

Транспортный процессор получает от маршрутизатора таблицу коммутации, где для каждого маршрута указан следующий процессорный блок. Функции транспортного процессора сводятся к проверке номера маршрута и определению следующего промежуточного транспортного процессора. При гиперкубической топологии соединения процессорный элемент соединен со всеми соседними процессорными элементами. Количество соседних процессорных элементов n_c (и, соответственно, количество сетевых входов/выходов модуля) можно определить по формуле:

$$n_c = 2xn,$$

где n – размерность системы.

Для кубического случая, когда n равно трем, каждый процессорный элемент соединен с шестью другими элементами.

Эффективность транспортной системы определяется суммой всех межмодульных маршрутов, в то время как длина каждого маршрута напрямую зависит от количества промежуточных транспортных процессоров. Эффективность транспортной системы можно существенно увеличить за счет рационального распределения процессоров между процессорными модулями. Математически эта задача может быть сформулирована следующим образом:

Имеется J процессов, информационно связанных между собой, и N процессоров, производящих обработку этих процессов. Имеется матрица M, каждый элемент которой m (i,k) – длина пути между процессорными элементами в гиперкубической транспортной системе – определяется формулой:

$$\sum_{i=1}^{K} (l_j^i + l_k^i),$$

где K – количество координат гиперкуба транспортной системы; l_j^i и l_k^i определяют номера начального (j) и конечного (j) процессорных блоков маршрута по i-ой координате гиперкуба.

Решение этой задачи возможно и использованием оптимизации на графах или другим способом, как, например, в [4]. Но заметим, что решение задачи с использованием оптимизации на графах требует существенного объема вычислений, как, впрочем, и решение, предложенное в [4], хотя это решение требует значительно меньше ресурсов.

В суперкомпьютерной системе процессы создаются и уничтожаются динамически. Распределение процессорных элементов осуществляется программным обеспечением, операционной системой, и длительный расчет распределения процессоров может крайне негативно сказаться на производительности суперкомпьютерной системы в целом.

Решением данной задачи могло бы стать использование специального высокоскоростного аппаратного блока (маршрутизатора) в составе суперкомпьютера, построенного по технологии, описанной в работах [5–7].

Выводы

1. Показано, что быстродействие суперкомпьютерной системы можно увеличить за счет оптимизации трафика информации между процессорами этой системы.

2. Решение задачи оптимизации трафика информации возможно на базе теории графов или эвристическими методами.

3. Существенно более эффективным решением является применение специального аппаратного блока.

Библиография

1. Протокол заседания комиссии при Президенте Российской Федерации по модернизации и технологическому развитию экономики России от 18 июня 2009 г. № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.i-russia.ru/sessions/decisions/24.html.

2. Dongarra J. Impact of architecture and technology for extreme scale on software and algorithm design. Cross-cutting technologies for computing at the exascale. February 2–5, 2010. – Washington, D.C.

3. Benton B. Exascale Evolution. IBM. March 15, 2010.

4. Степанов С.Ю., Кабак И.С. Алгоритм фрагментации больших нейронных сетей и исследование его сходимости // Информационные технологии. – 2012. – № 7. – С. 73–78.

5. Кабак И.С., Суханова Н.В. Моделирование надежности программного обеспечения систем управления автоматизированными технологическими комплексами на базе искусственного интеллекта // Вестник МГТУ «Станкин». – 2012. – № 1 (19).– С. 95–99.

6. Кабак И.С., Суханова Н.В. Технология реализации автоматизированных систем управления на базе больших искусственных нейронных сетей МОДУС-НС // Межотраслевая информационная служба. – 2012.

7. Кабак И.С. Создание больших аппаратно-программных нейронных сетей для систем управления // Авиационная промышленность. – 2012. – № 4.

УДК 681.5.09, 004.89

О МОДЕЛИРОВАНИИ И ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Кабак И.С., Суханова Н.В.

МГТУ «СТАНКИН»

ikabak@mail.ru

Современное программное обеспечение (ПО) для систем управления и автоматизации технологических процессов можно рассматривать как сложную техническую систему, где используются стандартные элементы с гарантированным уровнем надежности. Для оценки надежности сложного программного обеспечения предлагается использовать методы искусственного интеллекта – нечеткую логику и искусственные нейронные сети (НС). Описан способ последовательного синтеза многослойной НС для оценки надежности сложного ПО.

Ключевые слова: надежность, моделирование, искусственные нейронные сети.

ABOUT RELIABILITY SIMULATING OF COMPLEX SOFTWARE

Kabak I.S., Sukhanova N.V.

MSTU «STANKIN»

The modern software for control systems and automation of technological processes can be considered as complex technical system where standard elements with the guaranteed level of reliability are used. For an estimation of reliability of the complex software it is offered to use methods of artificial intelligence – the Fussy logic and artificial neural networks. The way of consecutive synthesis in multilayered neural networks for an estimation of reliability complex software is described.

Keywords: complex software reliability, artificial neural networks.

1. Прогнозирующая модель надежности сложного программного обеспечения

Рассмотрим надежность сложного программного обеспечения. Выделим в составе сложного ПО отдельные элементы – библиотеки, функции, процедуры, классы, объекты и т.д. Предположим, что надежность всех элементов, из которых состоит сложное ПО, может быть аппроксимирована экспоненциальным законом распределения вероятностей с параметром β_i [1]. Это подтверждается многочисленными экспериментальными исследованиями надежности ПО [2].

$$p_i(t) = \exp(-\beta_i \cdot t). \tag{1}$$

Для оценки надежности сложных программных систем предлагается использовать следующую математическую модель [3, 4]:

$$h(t) = \sum_{i=1}^{n} [\alpha_i(t) \cdot \exp(-\beta_i \cdot t)], \tag{2}$$

где α_i – коэффициент влияния i-того элемента сложного ПО на общую надежность, β_i – параметр функции распределения надежности i-того элемента ПО.

Получаем формулу для оценки надежности сложных программных систем:

$$h(t) = \sum_{i=1}^{n} [\alpha_i(t) \cdot p_i(t)]. \tag{3}$$

Формула (3) используется для оценки надежности сложного ПО на всех этапах его жизненного цикла, при разработке структуры ПО, при выборе способов реализации его элементов. Она позволяет построить оценку надежности сложного ПО по данным об отказах его элементов, т.е. дать прогноз надежности сложного ПО еще до момента его создания.

2. Оценка надежности сложного ПО с помощью нейронных сетей

Для оценки надежности сложного ПО предлагается использовать нейронные сети (НС) особого вида [3, 5, 6].

Рассмотрим достаточно сложное ПО, где отдельные элементы реализованы с помощью разных методов разработки ПО (методов объектно-ориентированного программирования, методов процедурно-ориентированного программирования и т.п.) и разными коллективами разработчиков. Количество элементов ПО может быть достаточно большим. Количеству элементов ПО соответствует количество экспонент в формуле (2). Например, при использовании современных методов написания объектноориентированных программ количество классов может быть порядка десятков тысяч.

Поэтому для точной оценки надежности надо использовать достаточно большое количество членов ряда в формуле суммы экспонент (2). Наличие экспонент в формуле (2) говорит о том, что при оценке мы используем методы нелинейной оптимизации. Нелинейная оптимизация дает хороший результат, если количество членов в формуле суммы ряда (2)

равно 1–2. При большем числе членов в формуле суммы ряда этот метод требует больших затрат времени, работает медленно, неэффективно и требует громоздких вычислений и больших вычислительных ресурсов.

Рассмотрим новый метод моделирования надежности ПО с помощью НС. Устройство для моделирования надежности ПО строится на базе обученных НС. Используются многослойные НС особого типа, моделирование каждого слагаемого в формуле (2) выполняет отдельный слой НС. Количество слоев НС равно количеству разных элементов ПО – типов данных, классов, функций и т.п.

Важной особенностью НС является ее горизонтальная слоистость. В многослойной НС слои располагаются вертикально, а здесь – горизонтально. Многослойная НС приобретает свои особые свойства в результате обучения.

Обучение такой НС – это длительный и трудоемкий процесс, который состоит из нескольких этапов (см. рис. 1). Использованы следующие условные обозначения элементов:

1 – блок оценки параметра β, 2 – блок оценки параметра α, 3 – блок расчета экспоненциальной функции $\alpha \cdot \exp(-\beta \cdot t)$, 4 – сумматор, 0 – элемент сигнала уровня «0».

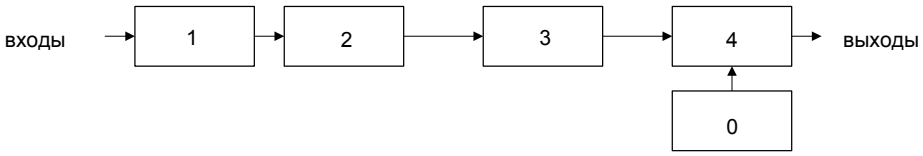


Рис. 1. Первый этап: однослойная НС для оценки надежности ПО

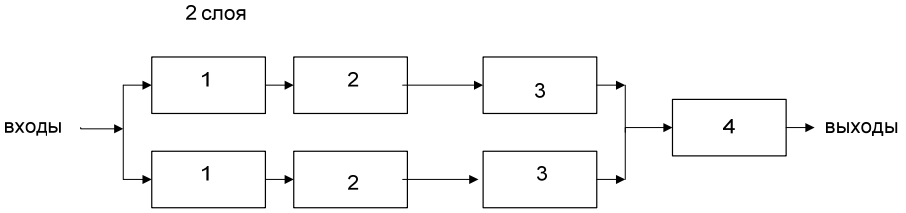


Рис. 2. Второй этап: двухслойная НС для оценки надежности ПО

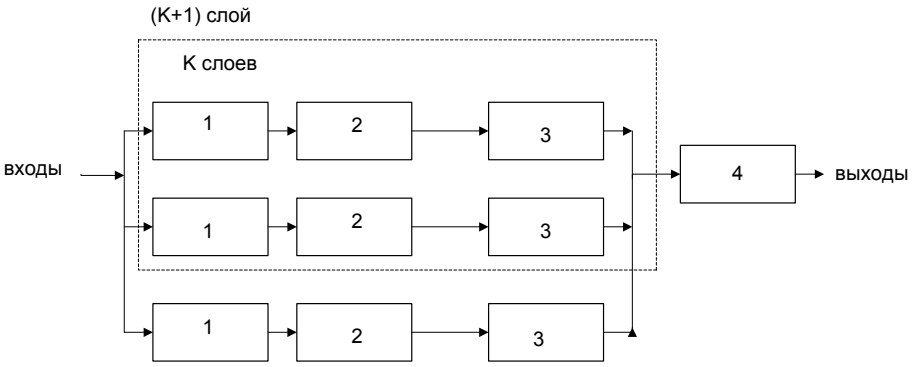


Рис. 3. НС для оценки надежности ПО с (k+1) слоями

Обучение НС представляет собой последовательный процесс:

– первая НС состоит из 1 слоя (см. рис. 1);

– вторая НС состоит из 2 слоев (см. рис. 2);

– К-тая НС состоит из k слоев;

– (К+1)-тая НС состоит из (k +1) слоев (см. рис. 3).

При оценке надежности ПО создаем последовательность НС, которая сходится к результату – многослойной горизонтальной НС, причем каждая последующая НС имеет на 1 слой больше, чем предыдущая.

Для обучения НС на первом и всех последующих шагах используется одна обучающая выборка, которая содержит статистические данные о надежности ПО и времени отладки, полученные в ходе его разработки.

Для обучения однослойной НС используем алгоритм обратного распространения ошибки. Трудоемкость этого алгоритма зависит от количества нейронов. Чем больше нейронов, тем сложнее обучение.

Первый слой НС мы обучаем указанным традиционным методом. Начиная со второго слоя для обучения НС мы используем генетические алгоритмы.

При обучении первого слоя важно получить хорошее начальное приближение, т.е. исходную точку для дальнейшего движения. Иначе мы будем идти к оптимальному решению очень долго и можем вообще не прийти к нему при ограничениях на время обучения НС.

Генетический алгоритм – это итерационный процесс. Каждая итерация улучшает свойства системы. Рассмотрим, как можно получить хорошую первую итерацию. Используем формулу (2) для i=1:

$$h_1(t) = \alpha_1(t) \cdot \exp(-\beta_1 \cdot t). \quad (4)$$

Прологарифмируем h(t), получим в результате уравнение, линейное относительно параметров α и β, которое достаточно просто решается:

$$\ln(h_1(t)) = \ln \alpha_1(t) - \beta_1 \cdot t. \quad (5)$$

В начале обучения используем НС, состоящую из одного слоя. Затем мы добавляем к этой обученной сети второй слой. Двухслойная НС описывает следующую модель надежности ПО и имеет вид:

$$h_2(t) = \alpha_1(t) \cdot \exp(-\beta_1 \cdot t) + \alpha_2(t) \cdot \exp(-\beta_2 \cdot t). \quad (6)$$

При добавлении еще одного слоя происходит переобучение НС и пересчет параметров модели α и β , что отражает перераспределение надежности между элементами при усложнении программной системы. На втором этапе создаем НС, в которой работают 2 слоя. Второй слой мы обучаем с помощью генетического алгоритма. В результате мы получаем 2-слойную обученную сеть (см. рис. 2).

НС из (k+1) слоев описывает следующую модель надежности ПО:

$$h_{k+1}(t) = \sum_{i=1}^{k+1} [\alpha_i(t) \cdot \exp(-\beta_i \cdot t)] = h_k(t) + \alpha_{k+1}(t) \cdot \exp(-\beta_{k+1} \cdot t). \quad (7)$$

На общую сумму каждая экспонента оказывает разное влияние, которое зависит от коэффициента α_i. Основные ошибки в автоматизированных системах управления связаны с ошибками в логике ПО. Например, компоненты, которые моделируют надежность логических функций, влияют на надежность сильно, а другие компоненты влияют слабо. Поэтому при увеличении числа слоев в НС происходит перераспределение степени влияния слоев на работу НС, что отражается в значениях коэффициента α_i.

Далее мы определяем погрешность оценки надежности ПО Δ с помощью НС как разницу между оценками по результатам испытаний ПО и результатам работы математической модели (2), реализованной с помощью многослойной НС:

$$\Delta_{k+1}(t) = H(t) - h_{k+1}(t) = H(t) - \sum_{i=1}^{k+1} [\alpha(t)_i \cdot \exp(-\beta_i \cdot t)], \quad (8)$$

где Δ – погрешность оценки надежности, H – экспериментальная оценка надежности по результатам испытаний ПО, h – оценка надежности на выходе НС.

Добавление слоев и обучение НС прекращают, когда выполняется условие:

$$\Delta_{k+1}(t) \le \Delta. \quad (9)$$

При использовании такого подхода нам не надо заранее знать, сколько фактически слоев имеет НС.

В НС последовательно добавляют слои до тех пор, пока каждый слой не будет удовлетворять условию (9).

Отметим, что построение НС и добавление слоев, их обучение производятся на одной и той же обучающей выборке.

Если в ПО вносят изменения, то получают новые значения надежности и из них строят новую обучающую выборку. После этого весь процесс повторяют, начиная с первого этапа.

Можно создать несколько НС применительно к каждому изменению ПО. Таким образом, любое изменение ПО приводит к созданию новой НС.

Выводы

Для оценки надежности ПО используют описанный выше метод последовательного синтеза НС. Этот метод сходится к многослойной НС, которая строит оценку надежности ПО с заданной точностью.

Библиография

1. Надежность технических систем: справочник / под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 606 с.

2. Майерс Г. Надежность программного обеспечения. – М.: Мир, 1980. – 359 с.

3. Степанов С.Ю., Кабак И.С. Алгоритм фрагментации больших нейронных сетей и исследование его сходимости // ИНФ. ТЕХ. – № 7. – 2012. – С. 73–78.

4. Кабак И.С., Суханова Н.В. Моделирование надежности программного обеспечения систем управления автоматизированными технологическими комплексами на базе искусственного интеллекта // Вестник МГТУ «Станкин». – № 1 (19). – 2012. – С. 95–99.

5. Кабак И.С., Суханова Н.В. Технология реализации автоматизированных систем управления на базе больших искусственных нейронных сетей МОДУС-НС // Межотраслевая информационная служба. – 2012.

6. Кабак И.С. Создание больших аппаратно-программных нейронных сетей для систем управления. Авиационная промышленность. – № 4. – 2012.

УДК 621.9.02.004.624

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Кабак И.С., Суханова Н.В., Гаделев А.М.

МГТУ «СТАНКИН»

ikabak@mail.ru

Разработана система технической диагностики состояния режущего инструмента на базе нейронных сетей с особой архитектурой. Данная архитектура позволяет разделить большую нейронную сеть на отдельные взаимосвязанные фрагменты, которые могут решать отдельные подзадачи диагностики и обучаться при помощи генетических алгоритмов.

Ключевые слова: техническая диагностика, нейронные сети, генетические алгоритмы, процесс резания.

THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE DIAGNOSIS OF CUTTING TOOLS

Kabak I.S., Suhanova N.V., Gadelev A.M.

«STANKIN» MSTU

The system of technical diagnostics of the cutting tool was designed on the base of the neural networks with special architecture. This architecture allows to decompose the large neural network to interconnected fragments that can solve the individual subtasks of diagnosis and can be trained by genetic algorithms.

Keywords: technical diagnostics, artificial neural networks, genetic algorithms, cutting process.

Введение

Совершенствование методов и средств диагностики состояния режущего инструмента является одной из самых актуальных задач в машиностроении [1]. Совершенствование систем диагностики процесса резания должно обеспечить:

1) снижение себестоимости обработки путем максимального использования ресурса режущего инструмента;

2) повышение качества обрабатываемых деталей за счет компенсирования влияния износа корректировкой положения исполнительного органа станка на величину износа;

3) повышение надежности обработки за счет своевременной замены инструмента до наступления критического износа или поломки.

Зона резания и режущая часть инструмента недоступны для непосредственного измерения их износа в процессе обработки детали, поэтому контроль состояния режущего инструмента невозможно осуществить прямыми методами. В настоящее время существует множество систем диагностики текущего состояния режущего инструмента. Практически все они используют для анализа косвенные диагностические признаки [2–5]. В основном используются методы измерения интенсивности износа на основании анализа сигналов акустической эмиссии и виброакустических сигналов, электропроводимости контакта «инструмент – деталь», термоЭДС, мощности привода главного движения, силы резания и др.

Алгоритм технической диагностики состояния режущего инструмента должен учитывать следующие факторы:

– информативность диагностических параметров;

– нелинейный характер процесса резания;

– нестационарную динамику параметров, характеризующих процесс резания;

– неоднородность начальных свойств материалов заготовки и инструмента.

Целью данного исследования является совершенствование методов технической диагностики состояния режущего инструмента на базе нейронных сетей с особой архитектурой.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработать методику применения нейронных сетей для решения задач диагностики состояния режущего инструмента.

2. Увеличить скорость обучения сети без потери качества.

В данной работе предлагается метод построения системы диагностики на базе большой нейронной сети. Нейронная сеть реализует алгоритм оценки текущего значения и контроля допуска для множества параметров.

Рассмотрим задачу оценки параметров технической диагностики $Y = \{Y_1, Y_2,\ldots, Y_N\}$ по текущим или по прогнозируемым значениям косвенных диагностических параметров $X = \{X_1, X_2,\ldots, X_L\}$, поступающих от датчиков, расположенных на различных элементах станочного оборудования, в том числе вблизи зоны резания.

Для решения поставленной задачи используем многослойную нейронную сеть с традиционной архитектурой. Многослойная нейронная сеть с традиционной архитектурой имеет большой размер и низкую скорость работы. Для обучения такой нейронной сети требуется достаточно длительное время.

Предлагается применить нейронную сеть с особой архитектурой. Новая архитектура позволяет сократить размер сети и время ее обучения, а также повысить скорость работы сети. Изначально берется многослойная нейронная сеть с традиционной архитектурой (рис. 1). Эта сеть состоит из k слоев: входного слоя, выходного слоя и (k-2) скрытых слоев. Значения весовых коэффициентов связей между нейронными устанавливаются малыми случайными величинами с равномерным распределением в заданном диапазоне изменения. На первом этапе производится первичное обучение нейронной сети с помощью метода обратного распространения ошибки, целью которого является формирование начальной общей матрицы весовых коэффициентов. Первичное обучение осуществляется до тех пор, пока значение целевой функции ошибки E не будет меньше заданного допустимого значения E_0. Так как это первичное обучение, то значение E_0 выбирается достаточно большим.

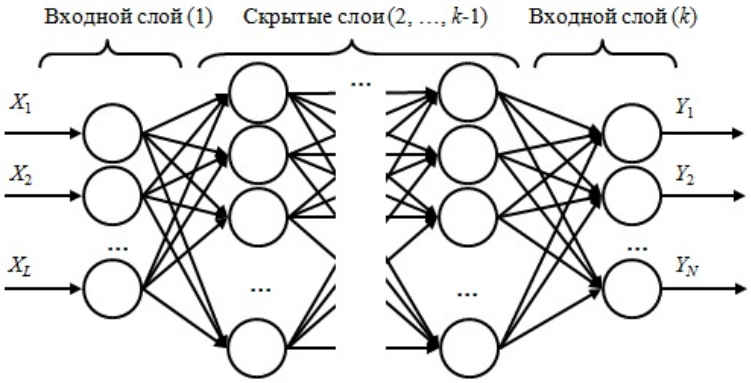


Рис. 1. Архитектура традиционной многослойной нейронной сети

Далее происходит выделение фрагментов нейронной сети – доменов [6, 7] по алгоритму, предложенному в работах [8, 9]. Алгоритм фрагментации выполняет группировку нейронов в домены. Для группировки нейронов вводят метрику, аналогичную силе притяжения и отталкивания между нейронами. Значение этой метрики рассчитывается через коэффициенты связей нейронов в обученной сети [8, 9]. В процессе фрагментации нейронной сети её архитектура приводится к виду полносвязной сети доменов, представленному на рис. 2. Каждый домен рассматривается как отдельный фрагмент нейронной сети или как элемент сети со сложной структурой (который выполняет более сложные функции, чем отдельный нейрон). Весовые коэффициенты связей нейронов, находящихся в разных доменах, будут иметь малые значения, и их можно будет заменить усредненными весовыми коэффициентами:

$$z_{i,j} = \frac{1}{S}\sum_{l=1}^{N}\sum_{k=1}^{N} w_{l,k} \ , \qquad (1)$$

где S – число ненулевых весовых коэффициентов связи между нейронами доменов i и j. При этом нейрон с номером l находится в домене i, а нейрон с номером k находится в домене j.

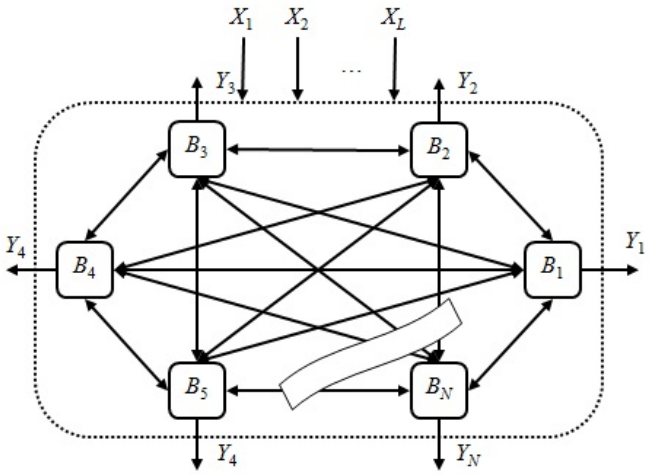


Рис. 2. Архитектура доменной нейронной сети

Тем самым получаем следующую матрицу связей между доменами Z:

$$Z = \begin{pmatrix} 0 & z_{1,2} & z_{1,3} & z_{1,4} & \cdots & z_{1,N} \\ z_{2,1} & 0 & z_{2,3} & z_{2,4} & \cdots & z_{2,N} \\ z_{3,1} & z_{3,2} & 0 & z_{3,4} & \cdots & z_{3,N} \\ z_{4,1} & z_{4,2} & z_{4,3} & 0 & \cdots & z_{4,N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{N,1} & z_{N,2} & z_{N,3} & z_{N,4} & \cdots & 0 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

Затем проводим дополнительное обучение доменной нейронной сети по отдельным доменам. Для обучения доменов используем генетические алгоритмы. Дополнительное обучение доменной нейронной сети производится в два этапа [8]:

1. Обучение каждого домена в отдельности, когда для формирования начальной популяции в качестве базовой матрицы весовых коэффициентов берется матрица связей домена B_i.

2. Обучение всех доменов целиком, когда каждый домен рассматривается как отдельный нейрон, а в качестве базовой матрицы весовых коэффициентов берется матрица Z.

В результате обучения с помощью генетических алгоритмов получаем обученную доменную сеть, в которой каждый домен может решать отдельную подзадачу диагностики состояния режущего инструмента, характеризуемой параметром Y. При этом степень корреляции косвенных диагностических параметров $X = \{X_1, X_2, \ldots, X_L\}$ с каждым выходным параметром Y учитывается самой нейронной сетью, т.к. нейронная сеть едина, и каждый контролируемый параметр Y не рассчитывается отдельно.

На первом этапе использовалась уже обученная многослойная нейронная сеть, поэтому дополнительное обучение доменов при помощи генетических алгоритмов предлагается проводить во время процесса технической диагностики.

Обучение доменов при помощи генетических алгоритмов во время процесса технической диагностики позволяет учесть нелинейный и нестационарный характер изменения входных и выходных параметров.

Использование коммутаторной доменной архитектуры нейронной сети, её фрагментация и применение генетических алгоритмов позволяют производить параллельное обучение доменов, что существенно сокращает время обучения.

Выводы

1. Применение нейронных сетей для решения задач диагностики состояния режущего инструмента повышает качество диагностики за счет учета нелинейности процесса резания.

2. Предложенная в данной работе методика применения нейронных сетей для решения задач технической диагностики процесса резания позволит осуществлять диагностику на основе анализа множества диагностических параметров, что делает диагностику более достоверной, а саму систему диагностики – более универсальной.

3. Дополнительное обучение во время диагностики обеспечивает повышение качества прогнозирования остаточного ресурса режущего инструмента на каждом шаге работы системы.

Библиография

1. Сидоров А.С. Мониторинг и прогнозирование износа режущего инструмента в мехатронных станочных системах: автореф. дисс. … канд. техн. наук. – Уфа, 2007.

2. Киселев С.А., Григорьев А.С., Геранюшкин А.В., Пушков Р.Л. Прогнозирование стойкости инструмента при чистовой обработке // Вестник МГТУ «Станкин». – М.: МГТУ «Станкин», 2008. – № 4 (4). – С. 23–32.

3. Постнов В.В., Шафиков А.А. Разработка эволюционной модели изнашивания режущего инструмента для управления процессом обработки // Вестник УГАТУ. – Уфа: УГАТУ, 2008. – Т. 11, № 2 (29). – С. 139–146.

4. Tanikic D., Manic M., Radenkovic G., Mancic D. Metal cutting process parameters modeling: an artificial intelligence approach // Journal of Scientific & Industrial Research. – 2009. – Vol. 68. – P. 530–539.

5. Кабак И.С., Суханова Н.В. Доменная нейронная сеть. Патент на полезную модель № 72084 от 03.12.2007.

6. Степанов С.Ю., Кабак И.С. Алгоритм фрагментации больших нейронных сетей и исследование его сходимости // Информационные технологии. – 2012. – № 7. – С. 73–78.

7. Кабак И.С., Суханова Н.В. Моделирование надежности программного обеспечения систем управления автоматизированными технологическими комплексами на базе искусственного интеллекта // Вестник МГТУ «Станкин». – 2012. – № 1 (19). – С. 95–99.

8. Кабак И.С., Суханова Н.В. Технология реализации автоматизированных систем управления на базе больших искусственных нейронных сетей МОДУС-НС // Межотраслевая информационная служба. – 2012. – Вып. 2.

9. Кабак И.С. Создание больших аппаратно-программных нейронных сетей для систем управления // Авиационная промышленность. – 2012. – № 4.

УДК 004.8 004:658.562

ОЦЕНКА ЗАЩИЩЕННОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ

Кабак И.С., Суханова Н.В., Гейдаров Э.

МГТУ «СТАНКИН»

ikabak@mail.ru

Защищенность программного обеспечения – это безопасность функционирования комплекса программ и возможный риск от его применения. Защищенность является показателем качества программного обеспечения, характеризующим его функциональные возможности.

В данной статье рассмотрен метод оценки защищенности программного обеспечения, в основе которого лежит применение искусственного интеллекта, в частности, нечеткой логики и искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: качество программ, защищенность программ, нечеткая логика, искусственные нейронные сети.

SECURITY ASSESSMENT SOFTWARE WITH INTELLIGENT METHODS

Kabak I.S., Sukhanova N.V., Geidarov I.

MSTU «STANKIN»

Security of the software is safety of functioning of a complex of programs and possible risk from its application, Security is an indicator of quality of the software, characterizing its functionality.

In given article the method of an estimation of security of the software in which basis artificial intelligence application, in particular, the indistinct logic and artificial neural networks lies is offered.

Keywords: quality of programs, security of programs, the indistinct logic, artificial neural networks.

Под защищенностью понимают способность программного обеспечения (ПО) безотказно выполнять определенные функции при заданных условиях в течение заданного периода времени с достаточно большой вероятностью [1]. Количественная оценка защищенности, одного из параметров качества, характеризуется вероятностью работы ПО без отказа в течение определенного периода времени. Ранее оценке защищенности был посвящен ряд работ, в частности, [2]. К сожалению, описанные методы и модели прогнозирования защищенности ПО не в полной мере пригодны для практического применения из-за излишней трудоемкости.

Отметим, что защищенность ПО является характеристикой его исполняемого кода. Две функционально идентичные программы, написанные на разных языках или подготовленные для разных типов машин (или для одной и той же машины, но с использованием разных компиляторов), с точки зрения защищенности следует считать разными.

Под уязвимостью понимается программный код, выполнение которого может при определенных условиях нарушить безопасность обрабатываемой информации. При этом наличие уязвимости может быть обусловлено как непреднамеренными ошибками разработчика, так и умышленными действиями.

Известны следующие методы оценки защищенности ПО [3]:

− сквозная инспекция исходных текстов;

− аудит исходных текстов программного обеспечения;

− динамическое тестирование нагрузкой.

В настоящее время наиболее часто применяется сквозная инспекция исходных текстов, которую проводит эксперт-аудитор. Аудитор строит ментальную модель работы программы и старается определить, какие внешние воздействия могут нарушить ход ее работы. При этом аудитор существенно упрощает систему, обращая внимание на структуру и поведение ПО в контексте обработки внешних данных. В общем виде аудитор выполняет следующую последовательность технологических операций:

− производит декомпозицию ПО, выделяя множество программных субъектов и связей между ними;

− определяет все интерфейсы ПО, через которые в систему попадают внешние входные данные;

− определяет логические тракты прохождения входной информации и оценивает зависимость от нее алгоритма работы ПО;

− восстанавливает модель функционирования ПО в части обработки входных данных;

− путем экспертной оценки определяет множество критических программных субъектов, нештатное функционирование которых может повлечь реализацию угрозы, а также условия, приводящие к такому функционированию.

Аудит безопасности

Аудит представляет собой процесс ручного или автоматического сканирования (при помощи специализированного программного средства) исходных текстов ПО с целью выявления потенциально опасных синтаксических конструкций. В частности, существуют конструктивные изъяны, которые связаны с нарушениями общих принципов безопасного программирования, а именно:

− некорректным использованием синтаксических конструкций языка программирования;

− несоблюдением интерфейсных соглашений и ограничений при использовании библиотечных или системных вызовов, а также при взаимодействии с операционной системой и аппаратной платформой;

− необоснованным доверием к входным данным и среде функционирования ПО.

При анализе применяются специализированные программы, ориентированные на выявление потенциально опасных синтаксических конструкций в исходных текстах ПО. Выявленные конструкции заносятся в отчет, который затем совместно с исходными текстами подвергается ручному анализу аудитором.

Сама проблема защищенности ПО имеет по крайней мере два аспекта: обеспечение и оценка (измерение) защищенности [3]. Обеспечению защищенности посвящено достаточное количество работ.

В патенте [4] приводится способ оценки защищенности программных систем на основе двумерной матрицы оценки защищенности программной системы. Первая размерность матрицы соответствует множеству параметров защищенности системы, а вторая размерность – численная оценка этого параметра. Формирование матрицы осуществляется в результате опроса экспертов и математической обработки этих результатов.

Предлагаемый способ оценки защищенности близок к описанному в [4], но имеет существенные отличия:

1. Опрос производится не среди экспертов, а среди пользователей системы в автоматизированном режиме.
2. При опросе используются специально подготовленные вопросы.
3. Данные могут быть представлены как в виде четких переменных, так и в виде нечетких значений.
4. Используются интеллектуальный способ обработки и получение результатов по матрице.

Защищенность ПО определяется степенью (полнотой) выполнения требований, предъявляемых к оценке защищенности ПО. В основу оценки защищенности положим данные опроса, представленные в виде матрицы знаний, заполняемой пользователями или экспертами. Заполнение матрицы знаний осуществляется на основе лингвистических (интервальных) оценок отдельных элементов. Особенностью частных показателей является то, что все они имеют качественный характер, т.е. не имеют точного количественного измерения. Поэтому при оценке одного и того же показателя несколькими пользователями он может существенно различаться. Кроме того, пользователь не всегда способен точно оценить каждый показатель, хотя интуитивно его ощущает.

Применение нечетких значений существенно упрощает для пользователя процедуру опроса. Показатели определяются как лингвистические переменные, заданные на едином универсальном множестве U = \u ,u\, которым является шкала оценок.

Такой подход дает возможность использовать в качестве показателя оценки защищенности ПО аддитивный показатель Q , определяющий количество выполненных частных показателей:

$$Q = \frac{\sum_{k=1}^{5}\sum_{j=1}^{4}\sum_{i=1}^{7} z_{kji}}{140},$$

где $z_{kji} = \begin{cases} 1, \text{если } q_{kji} > q_{kji}^{T}, \\ 0, \text{если } q_{kji} < q_{kji}^{T}. \end{cases}$, q_{kji} и q_{kji}^{T}

$$Q = \sum_{i=1}^{m} \omega_i q_i \ .$$

Полученные в результате опроса данные являются весьма субъективными. Для повышения объективности данных в системе предусмотрено введение весовых коэффициентов объективности. Каждому пользователю соответствует один столбец таблицы. Первоначально все столбцы имеют одинаковые весовые коэффициенты. При функционировании системы будем оценивать степень соответствия оценок отдельных пользователей усредненным значениям (по всем пользователям).

Критерии оценки защищенности программной системы также выбирались с известной степенью субъективности. В результате получим также весовые коэффициенты для параметров оценки (опроса).

Для весовых коэффициентов пользователей и для параметров оценки обязательным является условие (суммирование ведется по всему множеству коэффициентов):

$$\Sigma \omega_i = 1 .$$

Определение принадлежности ОЗ ПО к конкретному классу проводится на основе функции принадлежности, заданной нечеткими термами классов. Результатом оценки будет вероятность принадлежности ОЗ ПО к конкретному классу.

Наиболее существенным отличием, на взгляд авторов, является использование методов искусственного интеллекта для обработки результатов опроса, сведенных в матрицу.

Все полученные данные переводятся в нечеткий вид, т.е. для четких параметров выполняется операция фазификации информации. Для фазификации информации используется искусственная нейронная сеть особого вида, описанная в [5–13].

Обработка матрицы и получение окончательной оценки также производится с использованием искусственных нейронных сетей особого вида. Нечеткие оценки ответов подают на входы обученной искусственной нейронной сети. На выходе искусственной нейронной сети получают итоговую оценку защищенности ПО (см. рис. 1).

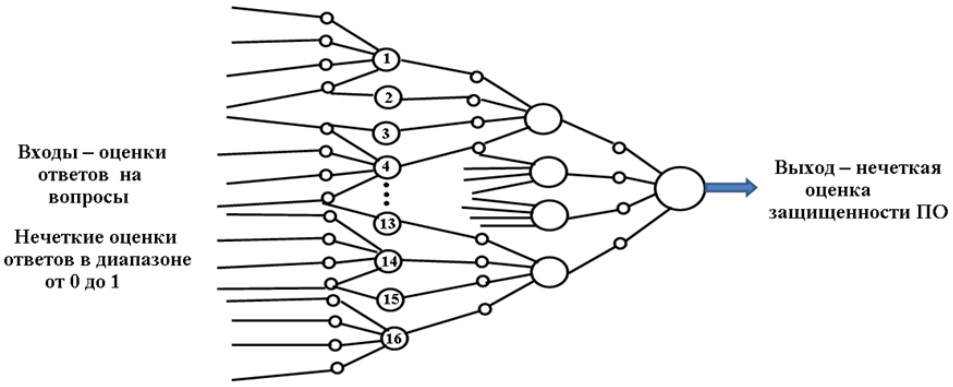


Рис. 1. Схема обработки результатов опроса

На рис. 2 представлена структура системы для оценки защищенности ПО.

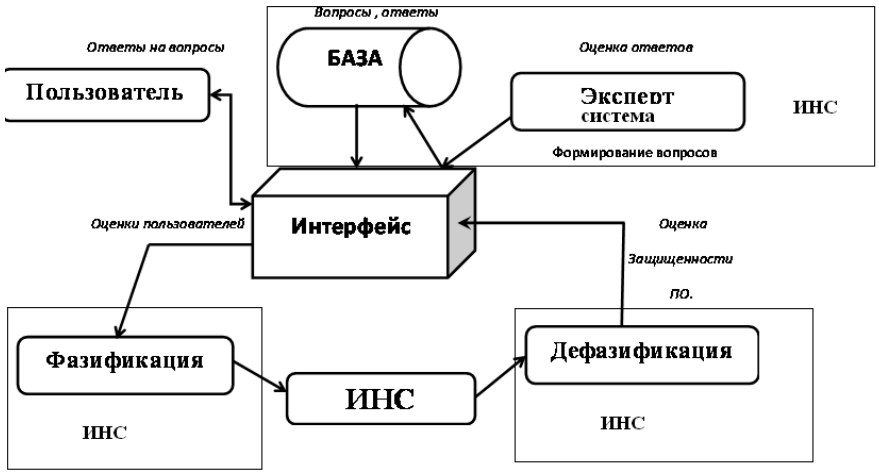


Рис. 2. Структура системы для оценки защищенности ПО

В работе системы многократно применяется один и тот же механизм – искусственные нейронные сети, обозначенные на рис. 2 ИНС. Они используются для фазификации четких параметров (приведение четких параметров к нечеткому виду), для дефазификации (приведение нечетких параметров к четкому виду), для работы базы знаний и модернизации системы – выявления наиболее значимых параметров оценки программной системы и оценки влияния мнения каждого пользователя на общий результат.

Выводы

1. Предлагаемый в статье подход позволяет создавать системы количественной оценки защищенности программного обеспечения.

2. Созданные системы оценки защищенности являются адаптивными, они приспосабливаются к конкретным пользователям и различным типам оцениваемого программного обеспечения.

3. Системы оценки обладают свойством самосовершенствования. В процессе работы качество оценки существенно улучшается.

4. В процессе проведения опроса возможно расширение-сокращение списка вопросов для пользователей и добавление-исключение пользователей, т.е. изменение количества пользователей.

5. Процедура оценки защищенности состоит из нескольких итераций. Каждая итерация используется для обучения ИНС на следующем шаге.

Библиография

1. ГОСТ 19781-90 Программное обеспечение.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению.
3. Липаев В.В. Качество программных средств: методические рекомендации. – М., 2002. – 400 с.
4. Патент № 2004134589/09, 28.04.2003. Способ оценки совершенности защиты. Опубл. 27.09.2007 / К.Р. Бодуэн, К.Р. Элиот.
5. Патент на ПМ № 66831 приоритет 02.04.2007; Федеральная служба по интеллектуальной собственности. 2007 г. Нейронная сеть / И.С. Кабак, Н.В. Суханова.
6. Патент на ПМ №.72084 приоритет 03.12.2007; Федеральная служба по интеллектуальной собственности. 2007 г. Доменная нейронная сеть / И.С. Кабак, Н.В. Суханова.
7. Патент на ПМ №. 75247 приоритет 26.12.2008; Федеральная служба по интеллектуальной собственности. 2009 г. Модульная вычислительная система / И.С. Кабак, Н.В. Суханова.
8. Патент на изобретение № 2398281 приоритет 07.11.2008; Федеральная служба по интеллектуальной собственности. 2010 г. Многослойная модульная вычислительная система / Ю.М. Соломенцев, С.А. Шептунов, И.С. Кабак, Н.В. Суханова.
9. Патент на изобретение № 2417442 приоритет 19.12.2008; Федеральная служба по интеллектуальной собственности. 2011 г. Способ построения систем нечеткой логики и устройство для его реализации / Ю.М. Соломенцев, С.А. Шептунов, И.С. Кабак, Н.В. Суханова.
10. Степанов С.Ю., Кабак И.С. Алгоритм фрагментации больших нейронных сетей и исследование его сходимости // Информационные технологии. – № 7. – 2012. – С. 73–78.
11. Кабак И.С., Суханова Н.В. Моделирование надежности программного обеспечения систем управления автоматизированными технологическими комплексами на базе искусственного интеллекта // Вестник МГТУ «Станкин». – № 1 (19). – 2012. – С. 95–99.
12. Кабак И.С., Суханова Н.В. Технология реализации автоматизированных систем управления на базе больших искусственных нейронных сетей МОДУС-НС // Межотраслевая информационная служба. – 2012.
13. Кабак И.С. Создание больших аппаратно-программных нейронных сетей для систем управления // Авиационная промышленность. – № 4. – 2012.

УДК 621.91

НАНОДИСПЕРСНЫЕ МНОГОСЛОЙНО-КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Бубликов Ю.И., Верещака А.А., Верещака А.С.

ИКТИ РАН

dr_averes@rambler.ru

Рассмотрены вопросы применения многослойно-композиционных покрытий с нанодисперсными зернами и толщинами слоев для нанесения на различные типы режущих инструментов. Показано, что режущие инструменты с нанодисперсными покрытиями имеют улучшенные режущие свойства в сравнении со стандартными инструментами с покрытием одинакового химического состава.

Ключевые слова: слоистая композиционная керамика; многослойно-композиционное нано-дисперсионное покрытие; фильтруемое катодное вакуумно-дуговое осаждение; обработка; стойкость инструмента.

NANODISPERSED MULTILAYER-COMPOSITE COATINGS FOR CUTTING TOOLS

Bublikov Y.I., Vereshaka A.A., Vereshaka A.S.

Institute for design technological informatics of RAS

Some aspects of application for multilayered-composite functional coatings with nano-scale grains and layers thickness for various types of the cutting tool are considered. It is shown, that cutting tools with nanoscale structured coatings provide essential increase of cutting efficiency in comparison with standard coated tools of an adequate coating chemical compound.

Keywords: laminated composite ceramics, multi-layered nano-composite coating dispersion, filtered cathodic vacuum arc deposition, processing, tool life.

Введение

Технология вакуумно-дугового осаждения покрытий (КИБ – MEVVA) является наиболее приемлемой для формирования покрытий различного функционального назначения, соответствующих новейшим концепциям градиентных, метастабильных, многокомпонентных, многослойных или суперрешетчатых покрытий. Среди перечисленных направлений совершенствования функциональных покрытий наиболее многообещающей является концепция многослойных покрытий с наноразмерными зернами и толщинами слоев, так как такие покрытия удовлетворяют гамме зачастую противоречивых требований (обеспечение низкого трения, высокой износостойкости, барьерных функций диффузии тепловым потокам в системе резания при соблюдении высокой прочности межслойной адгезии, снижении уровня внутренних напряжений, сбалансированности твердости и вязкости и т.д.). Кроме того, появляется возможность формирования комбинированных покрытий, включающих чередующиеся метастабильные и многокомпонентные структуры, сочетающих различные свойства отдельных слоев в одном покрытии.

Большие преимущества при производстве режущего инструмента обеспечивают наноструктурированные покрытия. Ультрадисперсные материалы с увеличенной площадью межзеренных границ имеют более сбалансированное соотношение по «твердости», оказывающей определяющее положительное влияние на износостойкость и прочностные характеристики материала, в том числе и в условиях действия циклических термомеханических напряжений [1–3]. Известно, что первопричиной разрушения материалов стандартной (микрометрической) структуры с размерами зерен свыше $d > 1$ мкм является формирование трещин, возникающих вследствие концентрации дислокаций различных дефектов. В наноструктурированных материалах с размерами зерен менее $d < 80…100$ нм проявляется иной механизм разрушения [4–7]. Для подобных материалов превалирующей причиной разрушения являются процессы на межзеренных границах, что связано с меньшим или сравнимым количеством атомов в зернах по сравнению с их количеством на границах. Это сильно трансформирует межзеренное взаимодействие, приводя к торможению движения и генерации дислокаций, препятствуя зарождению, ветвлению и движению трещин вследствие упрочнения границ зерен. Дислокации в наноразмерных зернах практически не возникают из-за полного торможения на границах зерен, а сами границы начинают выполнять решающую роль в деформировании и разрушении материала, что позволяет создавать уникальные свойства нанокристаллических материалов, а при размерах зерен $d < 5…10$ нм – прогнозировать формирование субатомных нанокристаллических структур и соответствующее направленное изменение свойств материалов [8].

Таким образом, создание покрытий для режущего инструмента нового поколения наиболее эффективно осуществлять при использовании инновационной *концепции многослойно-композиционной архитектуры с нанометрической структурой и чередующимися слоями наноразмерной толщины различного композиционного состава и функционального назначения.*

2. Механизмы формирования многослойно-композиционных наноструктурированных покрытий для режущего инструмента

При изготовлении образцов режущих инструментов с нанодисперсными композиционно-многослойными покрытиями использовали технологию фильтруемого вакуумно-дугового осаждения (ФВДО) с ассистированием высокоэнергетическими ионами (энергии порядка 5–10 КэВ) конденсируемого на поверхность субстрата ионного потока. Ассистируемые бомбардировкой процессы ФВДО позволяют управлять структурой покрытий, способствуют формированию наноразмерных зерен и слоев покрытия за счет:

• энергии, поставляемой в конденсируемое покрытие, и превращения кинетической энергии бомбардирующих ионов в тепловую для локальных объемов, в которых осуществляется воздействие, с последующим охлаждением с чрезвычайно высокой скоростью порядка 10^{14} К/с;

• увеличения плотности островков (центров) зародышеобразования покрытий;

• стимулирования плазмохимических реакций синтеза соединений за счет введения тепловой энергии непосредственно в поверхность и роста подвижности атомов;

• стимулирования диффузионных процессов на границах раздела «покрытие – субстрат», повышающих прочность их адгезионных связей.

Регулируя энергию и плотность потока бомбардируемых ионов при использовании вакуумно-дуговых процессов и технологии ФВДО, можно управлять размерами и ориентацией зерен, кристалло-химической структурой.

При использовании технологии ФВДО формирование наноструктурированных покрытий на рабочих поверхностях режущих инструментов осуществляли при использовании следующих процессов:

• ассистирующей бомбардировки (импульсной или постоянной) металлическими или газовыми ионами с энергиями от 5 до 10 КэВ для эффективного смешивания элементов осаждаемого конденсата;

• имплантации в осаждаемый конденсат элементов внедрения (ионов металла или газа) для сдерживания роста размеров зерен при температурах синтеза покрытия и обеспечения высокой прочности адгезионной связи между покрытием и субстратом (инструментальным материалом);

• повышения степени ионизации конденсируемого паро-плазменного потока для снижения температуры синтеза покрытия и сдерживания роста размеров зерен;

• планетарного перемещения инструмента относительно плазменного потока с различными скоростями для создания слоев наноразмерной толщины многослойно-композиционного покрытия, конденсируемого на субстрат.

Ассистируемый процесс ФВД-осаждения покрытий на режущий инструмент характеризуется несколькими эффектами, которые связаны с перемешиванием конденсируемых слоев и формированием вторичных фаз. К таким эффектам можно отнести:

• формирование покрытий высокой плотности и однородной нанодисперсной структуры при обеспечении прочной адгезии в системе «покрытие – субстрат», включая композиционные и многослойные покрытия, без чрезмерного внешнего нагрева, что исключает отпуск и коробление режущих кромок инструмента, особенно из быстрорежущей стали;

• существенное снижение внутренних напряжений в покрытиях и на границах раздела «покрытие – субстрат»;

• уменьшение размеров зерен до нанометрических и вероятности их коагуляции за счет снижения температур при конденсации слоев покрытия;

• непрерывное легирование конденсируемого покрытия по всему объему, что позволяет обеспечивать достаточную пластичность покрытия при высокой и супервысокой твердости, а также формировать на границах зерен основной фазы тонких слоев вторичной фазы (нанокристаллической или аморфной), препятствующей коагуляции зерен основной фазы как при формировании покрытия, так и при эксплуатации инструмента с покрытием при температурах резания.

3. Задачи исследования и условия проведения экспериментов

Для реализации концепции многослойно-композиционных наноструктурированных функциональных покрытий, содержащих адгезионный подслой, износостойкие и промежуточные барьерные слои, каждый из которых имеет строго функциональное назначение, была разработана технология синтеза покрытий на базе процессов ФВДО. При этом использовали методическое положение, согласно которому состав, структура и свойства каждого из слоев покрытия должны отвечать условиям внешнего термомеханического воздействия на инструмент, а само покрытие, выполняющее роль промежуточной технологической среды между инструментальным и обрабатываемым материалами, должно максимально повышать эффективность операции обработки.

При разработке инструмента с многослойно-композиционным наноструктурированным покрытием решали следующие задачи:

• выбор состава функциональных слоев покрытия в зависимости от условий внешнего термомеханического нагружения;

• обеспечение структуры каждого из слоев покрытия, а также границ разделов, отвечающих условиям внешнего воздействия.

Стандартные процедуры приготовления образцов инструмента с покрытием для исследований заключались в следующем. Инструменты из быстрорежущей стали (сверла, концевые фрезы, пластины для оснащения торцовых фрез) и

твердых сплавов (СМП, цельнотвердосплавный инструмент) подвергали предварительной химически активированной мойке с применением ультразвука и последующей тонкой очистке спиртом с протиркой фланелью. Затем образцы закрепляли в специальных приспособлениях и размещали в вакуумной камере установки ВИТ-2, которая полностью поддерживает процессы и технологию ФВДО. Установка ВИТ-2 была оснащена механизмом планетарного перемещения инструмента в вакуумной камере с различными скоростями. После создания вакуума порядка p = 0,01 Па поверхности образцов подвергали тонкой очистке путем бомбардировки ионами газа (Ar) и термоактивации электронами, генерируемыми из тлеющего газового (Ar) разряда. Затем следовал процесс формирования покрытия.

Для образцов инструмента из быстрорежущей стали формировали термостабилизирующий слой путем ионного азотирования в несамостоятельном газовом Ar/N-разряде при оптимальных параметрах процесса, что позволяло увеличить твердость HV приповерхностных слоев быстрорежущей стали на глубине до 100 мкм на 45 %. Затем формировали адгезионный подслой и функциональный слой многослойно-композиционного покрытия. Нанесение покрытия осуществляли при давлении азота порядка 0,5 Па.

Анализ влияния параметров процесса синтеза на различные свойства композиционных покрытий (типа Ti–TiN–TiAlN–TiN) позволил установить, что наиболее значимыми параметрами являются: ток дуги титанового катода I_{Ti}., давление азота в вакуумной камере p_N, напряжение смещения на субстрате (инструменте) в процессе конденсации износостойкого слоя U_k. Эти параметры и были приняты основными при проведении исследований по установлению их влияния на состав, структуру и свойства синтезируемых композиционных покрытий. Микроструктурные исследования износостойких комплексов выполняли с помощью электронно-сканирующего микроскопа LSM-6480LV фирмы Jeol (Япония) с приставкой для энергодисперсионной спектрометрии INCA ENTRGY Dry Cool фирмы Oxford Instruments (Великобритания). С помощью приставки для энергодисперсионной спектрометрии проводили измерение элементного состава слоев покрытия с получением распределения элементов вдоль линии и по заданной площади, что позволяло оценивать не только состав эпитаксиальных слоев, но и их толщину. Для получения дополнительной информации о микроструктуре рельефа поверхности покрытия использовали полевой эмиссионный электронно-сканирующий микроскоп JSM-6700F с приставкой для энергодисперсионной спектроскопии JTD-2300F фирмы JEOL (Япония).

Макроскопические свойства многослойно-композиционных покрытий, такие как толщина, твердость, коэффициент трения, прочность сцепления покрытия с основой, определяли стандартными методами. В частности, измерение толщины ИК проводили с помощью калотеста и методом обратного β-излучения на приборе Fisherscope MMS компании Helmut Fisher GmbH (ФРГ).

Для оценки микротвердости покрытий, в том числе и по толщине (толщина покрытий составляла 2...5 мкм), использовали нанотестер А-600 фирмы Micro Materials Ltd (Великобритания), который позволяет измерять микротвердость на «косом шлифе» или по торцу образца-свидетеля с локальностью до 100 нм.

Эффективность полученных многослойно-композиционных покрытий сравнивали с соответствующими характеристиками инструмента, имеющего стандартные покрытия. Исследования проводили при сухом резании или использовании смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) при точении, сверлении, фрезеровании сталей и труднообрабатываемых материалов с использованием стандартного станочного оборудования.

Основные условия точения стали 45 (180 НВ) твердосплавным инструментом, оснащенным сменными многогранными пластинами (СМП) SNMG 120408 (ISO P25), следующие: v = 200–350 м/мин; S = 0,201 м/мин; t = 1,0 мм. Геометрические параметры режущей части резца имели следующие значения: $\varphi = \varphi_1 = 45^0$; $\gamma = -9^0$; $\alpha = 6^0$; $\lambda = 0$.

4. Результаты исследований и обсуждение

Исследование параметров разработанных покрытий. Результаты исследований структуры износостойкого слоя TiAlN и параметры сформированного покрытия представлены в табл. 1. Многослойно-композиционное покрытие, имеющее архитектуру Ti–TiN–TiAlN–TiN, получено при I_{Ti} = 104 А; p_N = 0,24 Па; U_C = 42 В и осаждении в течение 45 мин.

Таблица 1

Архитектура и параметры износостойкого комплекса на основе системы Ti–TiN–TiAlN–TiN

Элементы покрытия	Состав, %, толщина
Адгезионный подслой Ti	h_a = 0, 1 мкм
Износостойкий слой TiAlN	50%Ti-50%Al; h_u = 2,0 мкм h_c = 25 нм
Промежуточный слой TiN	h_n = 1,8 мкм h_c= 15 нм

h_a – толщина адгезионного подслоя; h_u,h_n – толщина износостойкого и промежуточного слоев; h_c – толщина субслоев износостойкого и промежуточного слоев.

Анализ данных, представленных в табл. 1, позволяет отметить следующее.

Среднее значение соотношения Ti и Al в TiAlN-слое покрытия составило 2,6. Светло-серые подслои указывают на высокое содержание Al. Основной TiAlN-слой (темно-серый цвет) имеет столбчатую структуру, ориентированную перпендикулярно к плоскости подслоя TiN, которая чередуется со светлыми слоями. Толщина субслоев как износостойкого TiAlN, так и промежуточных TiN слоев составляет 15–25 нм (табл. 1), что позволяет классифицировать покрытие как наноразмерное.

Исследование работоспособности инструмента. Были проведены также широкие лабораторные исследования различных типов режущего инструмента с разработанными покрытиями.

Полученные данные испытаний СМП с разработанными составами покрытий показали их высокую эффективность не только при продольном точении стали 45, но и при точении и фрезеровании труднообрабатываемых хромоникелевых сплавов типа ХН77ТЮР. В частности, применение разработанных составов покрытий с наноразмерными субслоями как при сухом резании, так и при резании с жидкими СОТС позволяет повысить стойкость инструмента в 2...5 раз при точении конструкционных сталей (на примере стали 45) и труднообрабатываемых материалов (на примере хромоникелевого сплава ХН77ТЮР).

Результаты исследований режущих свойств быстрорежущих сверл и концевых фрез с разработанными составами износостойких комплексов свидетельствуют о существенных преимуществах быстрорежущих сверл с разработанными составами ИК по сравнению не только с контрольными сверлами без покрытий (стойкость до 10 раз выше), но и со сверлами со стандартными покрытиями (стойкость до 3,5–5 раз выше).

Аналогичные результаты были получены при сухом фрезеровании легированной стали 20MnCr5 торцовыми фрезами ∅ 63 мм, оснащенными пластинами из быстрорежущей стали, с v = 89 м/мин, S_Z = 0,28 мм/зуб, t = 1,5 мм. Представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты стойкостных испытаний торцовых фрез

Покрытие Покрытие и ИК	Период стойкости Т, мин, при h_3	
	0,2 мм	0,3 мм
Контрольные фрезы	19	36
Стандартное TiN	43	60
Стандартное TiCN	43	54
Стандартное TiAlN	62	66
Стандартное TiCrN	44	58
Стандартное TiMoN	76	92
A*–Ti–TiN–(Ti,Al,Mo)N**	82	118
A*–Ti–TiN– (Ti,Al,Cr)N**	112	158
* азотированный термостабилизирующий слой; ** наноструктурированное покрытие		

Данные, приведенные в табл. 2, позволяют отметить повышение периода стойкости фрез с A–Ti–TiN– (Ti, Al, Cr) N до 4 раз по сравнению с периодом стойкости фрез без покрытия и в 2...2,5 раза по сравнению с аналогичным показателем для фрез с различными вариантами стандартных покрытий. Полученные результаты свидетельствуют о существенных преимуществах быстрорежущего инструмента с разработанными составами наноструктурированных покрытий по сравнению не только с контрольными инструментами без покрытий, но и с инструментами со стандартными покрытиями.

Исследование возможности использования разработанных покрытий для восстановленного инструмента. Эксплуатация чрезвычайно дорогостоящего режущего инструмента, особенно сложнопрофильного, связано с большими затратами, составляющими до 15–20 % от стоимости обработки. Поэтому все более актуальной становится технологическая поддержка дорогостоящего инструмента в течение всего срока его эксплуатации. В частности, ряд ведущих производителей сложнопрофильного инструмента, особенно из дорогостоящих марок твердых сплавов, создали сеть центров, осуществляющих технологический сервис проданного клиенту инструмента в течение всего срока его эксплуатации. Подобный сервис включает:

• рекомендации по оптимальным условиям эксплуатации инструмента;

• восстановление формы и геометрии инструмента после полного отказа путем перешлифовки, удаления и повторного нанесения покрытий;

• утилизацию инструмента после полного отказа с компенсацией клиенту стоимости изношенного инструмента (достигает до 30 % начальной стоимости инструмента) и т.д.

Указанное относится и к дорогостоящему инструменту, применяемому при ремонтных работах подвижного состава железных дорог (ЖД). В статье приводятся некоторые данные по использованию результатов работы применительно к восстановленному твердосплавному инструменту, применяемому в условиях ремонтных работ подвижного состава ЖД.

В практике формообразования и восстановления профиля поверхностей катания колесных пар и рельсов на отечественных и зарубежных железных дорогах используются процессы токарной, фрезерной и абразивной обработки. Наибольшее применение для обточки профиля катальной поверхности железнодорожных колес и рельсов получили процессы токарной и фрезерной обработки. Для обточки поверхности катания колес и рельсов применяют более 20 различных форморазмеров твердосплавных пластин.

Таким образом, восстановление изношенных твердосплавных пластин, используемых только в вагонных и локомотивных депо МЖД, может служить хорошим резервом экономии дорогостоящего твердого сплава и обеспечит значительный экономический эффект. В настоящее время существует возможность практически полного восстановления ресурса изношенных твердосплавных СМП наиболее распространенных форморазмеров, предназначенных для механического крепления в державках. Восстановление вышедших из строя в результате предельного изнашивания твердосплавных СМП на ремонтные размеры в условиях специализированных участков может обеспечить полное сохранение эксплуатационных показателей пластин, считавшихся ранее не подлежащими восстановлению.

Испытанию подвергали исходные (новые) и восстановленные СМП с разработанными многослойно-композиционными наноструктурированными покрытиями при обточке катальной части колесных пар (рис. 1) на тяжелых токарных станках типа Rafamet UCB-125 b UBB 112 на режимах обработки, принятых на предприятиях МЖД: v = 40…80 м/мин; S = 0,8…1,2 мм/об; t = 4,0…8,0 мм. Схема контурной обточки катальной части колесной пары по копиру показана на рис. 1.

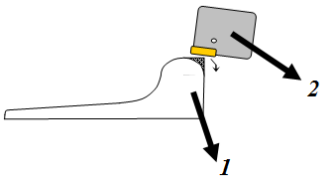


Рис. 1. Схема контурной обточки (по копиру) колёсной пары резцом, оснащённым призматической СМП формы LNMX: 1 – катальная поверхность колесной пары; 2 – СМП формы LNMX

Результаты исследований режущих свойств СМП формы LNMX (301940) при обточке поверхности катания колесной пары с v = 50 м/мин; S = 1,2 мм/об; t = 6,0 мм представлены на рис. 2, 3.

Оценку работоспособности СМП производили по коэффициенту стойкости относительно исходных СМП из Т14К8, принятых за единицу при испытаниях с указанными режимами обработки при предельном износе по задней поверхности h_3 = 0,5 мм. Анализ результатов исследований (рис. 2) позволяет отметить следующее.

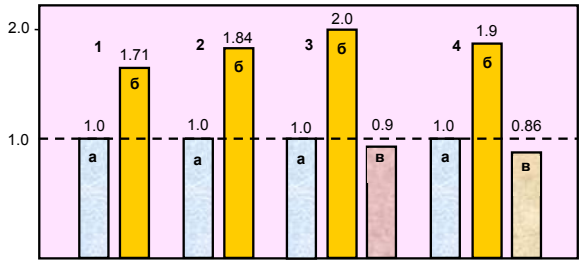


Рис. 2. Результаты исследований режущих свойств СМП LNMX из твердого сплава Т14К8 при обточке колесной пары с v = 50 м/мин; S = 1,2 мм/об; t = 6,0 мм: а – исходные СМП из Т14К8; б – восстановленные СМП из Т14К8 с разр. покрытием Ti–TiN– (Ti,Al)N–TiN; в – восстановленные СМП из Т14К8; 1…4 – различные серии испытаний

Режущие свойства восстановленных СМП тангенциальной формы LNMX (301940) из сплава Т14К8 составляют 0,86…0,9 времени наработки на отказ (при h_3 = 0,5 мм) аналогичных по форме и геометрии исходных (новых) СМП (см. рис. 2, серии испытаний 3, 4). Нанесение наноструктурированных покрытий Ti–TiN– (Ti,Al)N–TiN толщиной h_n = 0,4…0,5 мкм на восстановленные СМП позволяет обеспечить заметное повышение режущих свойств даже исходных СМП в 1,71…2,0 раза по сравнению с исходными СМП без покрытия.

Проведены также сравнительные испытания СМП с разработанными наноструктурированными многослойно-композиционными покрытиями и нанометрической структурой лучших образцов СМП с покрытиями последнего поколения, имеющими многослойно-композиционную архитектуру. Результаты этих испытаний представлены на рис. 3.

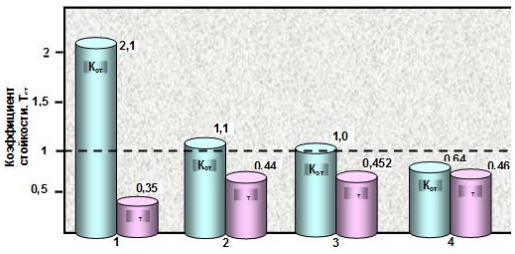


Рис. 3. Результаты сравнительных стойкостных испытаний $\boldsymbol{T_{CT}}$ и вариаций стойкости $\boldsymbol{v}$ СМП формы LNMX (301940) с покрытием лучших мировых производителей и СМП из твердого сплава AT15S с разработанными покрытиями при обработке колесных пар с V = 50 м/мин; S = 1,2 мм/об; t= 6,0 мм: 1 – наноструктурированное покрытие Ti–TiN–TiAlN–TiN (ИКТИ РАН), технология ФВДО 2 – производитель 1,TH CVD, 3 – производитель 2, HT-CVD: 4 – производитель 3Б HT-CVD

Производили сравнение стойкости СМП формы LNMX из различных марок твердых сплавов (Т14К8, АТ15S) не только отечественного производства, но и лучших образцов СМП LNMX из технологически развитых стран, широко представленных на международных и российских рынках.

Результаты статистической обработки данных сравнительных стойкостных испытаний инструмента, оснащенного СМП формы LNMX (301940) с покрытием из твердого сплава АТ15S с разработанными наноструктурированными покрытиями при восстановительной обточке катального профиля колесных пар в тяжелых условиях с V = 50 м/мин, S = 1,2 мм/об, t= 6,0 мм позволяют отметить следующее.

Установлена высокая эффективность СМП формы LNMX (301940) из твердого сплава АТ15S с разработанным наноструктурированными многослойно-композиционными покрытиями по сравнению с зарубежными аналогами при тяжелой восстановительной обточке катальной поверхности колесных пар. В частности, отмечено не только более высокое среднее значение стойкости (88,1 мин) и коэффициента стойкости K_{CT} *(2,19)*, но и снижение коэффициента вариации стойкости ($\boldsymbol{v}$ = 0,355). Последнее свидетельствует о существенном повышении надежности тангенциальных СМП формы LNMX (301940) из сплава АТ15S с разработанными наноструктурированными покрытиями для тяжелой обработки, каковой является восстановительная обточка упрочненной (нагартованной) поверхности колесных пар.

Заключение

Создана методология разработки наноструктурированных многослойно-композиционных покрытий, интегрирующая гамму свойств, связанных с:

- необходимостью обеспечения надлежащих по уровню и знаку остаточных напряжений;
- торможением тепловых потоков от фрикционных источников тепла, возникающих при резании;
- барьерными функциями для блокирования интердиффузионных процессов между инструментальным и обрабатываемым материалами;
- повышением прочности адгезионной связи в системе «покрытие – субстрат»;
- обеспечением сбалансированности свойств композиции «субстрат – покрытие» по твердости и вязкости;
- снижением физико-химической активности инструментального материала по отношению к обрабатываемому материалу.

Многослойные покрытия, исходя из выбора материала каждого отдельного слоя в соответствии с функциональным назначением при оптимизации их последовательности и толщин, позволяют конструировать свойства и эксплуатационные характеристики инструмента с покрытием в целом.

Показано, что различные типы инструмента из твердых сплавов с разработанными покрытиями имеют период стойкости, в 1,5...5 раз превышающий соответствующий показатель для инструмента со стандартным покрытием, и позволяют увеличить производительность обработки за счет роста скорости резания на 20...60 %.

Установлена высокая эффективность восстановленных по форме и геометрии СМП формы LNMX (301940) из твердого сплава АТ15S с разработанными многослойно-композиционными нанодисперсными покрытиями, которые имели стойкость в 1,5–2,5 раза выше стойкости лучших зарубежных аналогов применительно к тяжелой восстановительной обточке катальной поверхности колесных пар.

Библиография

1. Panckow A.N., Steffenhagen J., Wegener D., Dubner L., Lierath F. Application of novel vacuum-arc ion-plating technologies for the design of advanced wear resistant coatings // Surface and Coating Technologies 138 (2001). – P. 71–76.

2. Gleiter H. Nanostructured materials: basic concepts and microstructure // Acta mater. – 2000. – V. 48. – P. 1–29.

3. Yong-Hao Zhao, Xiao-Zhou Liao, Sheng Cheng, En Ma, and Yuntian T. Simultaneously Increasing the Ductility and Strength of Nanostructured Alloys // Zhu. – 2006 WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA, Weinheim. – P. 123–132.

4. Верещака А.С., Верещака А.А. Повышение эффективности инструмента путем управления составом, структурой и свойствами покрытий. – М.: Упрочняющая технология и покрытия. – 2005. – № 9. – С. 9–18.

5. Верещака А.А. и др. Патент РФ № 2198243. Многослойно-композиционное износостойкое покрытие. 10.02. 2003 с приоритетом от 05.08.1998.

6. Верещака А.С., Верещака А.А. Тенденции совершенствования и методология создания функциональных покрытий для режущего инструмента. Современные технологии в машиностроении: сб. науч. статей / под ред. А.И. Грабченко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – С. 192–235.

7. Vereschaka A.S., Vereschaka A.A., Kirillov A.K. 2012. Ecologically friendly dry machining by cutting tool from layered composition ceramic with nano-scale multilayered coating // Key Engineering Materials. – Vol. 496. – Pp. 67–74.

8. Grigoriev S.N., Vereshchaka A.A., Vereshchaka A.S., Kutin F.F. Cutting tools made of layered composite ceramic with nano-scale multilayered coatings. CIRP Procedia 1 (2012). – P. 318–323.

УДК 621.394/.396.0193

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА К КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ С МОДУЛЕМ КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО КРИПТОАНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА «ГРУБОЙ СИЛЫ»

[1]Карлова Т.В., [2]Кузнецова Н.М.

[1]ИКТИ РАН; [2]МГТУ «Станкин»

karlova-t@yandex.ru

Рассмотрено использование автоматизированной системы разграничения доступа к конфиденциальной информации (АСРДкКИ) с применением модуля контроля потенциальных каналов утечки секретных данных. Основной особенностью модуля контроля является использование усовершенствованного криптоаналитического метода «грубой силы» с применением алгоритма семантической кластеризации текста.

Ключевые слова: информационная безопасность, криптоаналитический метод «грубой силы», разграничение доступа, автоматизированная система, кластерный анализ текста, симметричное шифрование.

THE AUTOMATED SYSTEM OF ACCESS TO CONFIDENTIAL INFORMATION WITH THE CONTROL MODULE BASED ON ADVANCED CRYPTANALYTIC «BRUTE FORCE»

[1]Karlova T.V., [2]Kuznetsova N.M.

[1]IDTI RAS, [2]MSTU «Stankin»

Usage of the method of automatic access control system to confidential information is described. Comparative efficiency analysis of advanced method «Brute-Force Attack» with previous one is done. Well-known cryptanalystic method «brute-force attack» advanced by means of application of algorithm for cluster analysis of the text is presented.

Keywords: information security, cryptanalystic method «brute-force attack», automatic access control, automated system, cluster analysis of the text, symmetric encryption.

Современные промышленные предприятия часто сталкиваются с проблемой утечки конфиденциальной информации, связанной с нелегальными действиями сотрудников. Существует множество способов предотвращения подобной угрозы информационной безопасности, однако ни один из них не способен решить поставленную задачу в случае, если злоумышленник воспользуется одним из методов симметричного шифрования и произведёт попытку передачи конфиденциальной информации в зашифрованном виде.

В качестве каналов утечки могут выступать локальная вычислительная сеть (ЛВС), глобальная вычислительная сеть (ГВС), съёмные носители данных, принтеры и факсы, ошибки программного обеспечения, неисправности аппаратного обеспечения [1]. Контроль над ЛВС, ГВС, съёмными носителями данных, принтерами и факсами возможно реализовать за счёт внедрения в основную информационную систему предприятия дополнительной надстройки – АСРДкКИ. Подобного рода системы всё чаще применяются на современных предприятиях – продукты класса Data Leak Prevention (DLP). Однако существующие технологии не предлагают решения задачи криптоанализа зашифрованной передаваемой конфиденциальной информации. Сотрудник, превышающий должностные полномочия, может обойти основные механизмы защиты подобной системы, передав в ГВС или записав на съёмный носитель данных секретную информацию, предварительно зашифровав её. Применение расширенного алгоритма «грубой силы» в модуле контроля технических каналов утечки в проектируемой автоматизированной системе разграничения доступа способно предотвратить описанную угрозу информационной безопасности предприятия.

Основной задачей является предотвращение попытки несанкционированной передачи зашифрованной конфиденциальной информации. Существует несколько методов криптоанализа, позволяющих расшифровать данные. Самым простым с точки зрения реализации, но требующим больших временных затрат является метод «грубой силы» («brute-force attack»).

Метод «грубой силы» предполагает перебор всех возможных вариантов ключа шифрования до нахождения искомого ключа [2].

Очевидно, основным недостатком метода является необходимость наличия больших вычислительных мощностей, в том числе специализированных устройств. Однако, если преобразовать алгоритм таким образом, чтобы входное множество возможных ключей шифрования постоянно уменьшалось, данное условие можно обойти.

Уменьшение входного множества возможных ключей можно обеспечить за счёт внедрения в основной алгоритм дополнительного алгоритма семантической кластеризации текста.

На сегодняшний момент существует несколько алгоритмов кластеризации текста, среди которых следует отметить: STC (Suffix Tree Clustering), Single Link, Complete Link, Group Average, Scatter/Gather, K-means, CI (Concept Indexing), SOM (Self-Organizing Maps).

В основе семантической кластеризации текста лежит логическое разделение текста на группы – кластеры.

В тексте выделяются семантические центры – ключевые слова, вокруг которых формируются «семантические облака» – близкие по значению слова, встречающиеся чаще остальных рядом с ключевым. Чем чаще слово появляется рядом с ключевым, тем ближе оно находится к центру «семантического облака».

Кластеризация текста происходит путём анализа открытой текстовой информации. Чем больше объём входных данных, тем точнее формируется структура «семантического облака». Модуль кластеризации текста является обязательной составляющей, проектируемой АСРДкКИ. Особенностью модуля является то, что его работа может протекать в автономном режиме.

Рассмотрим взаимодействие модуля кластеризации текста с остальными составляющими АСРДкКИ.

Как показано на рис. 1, расширение алгоритма «грубой силы» в АСРДкКИ происходит за счёт применения модуля кластеризации текста.

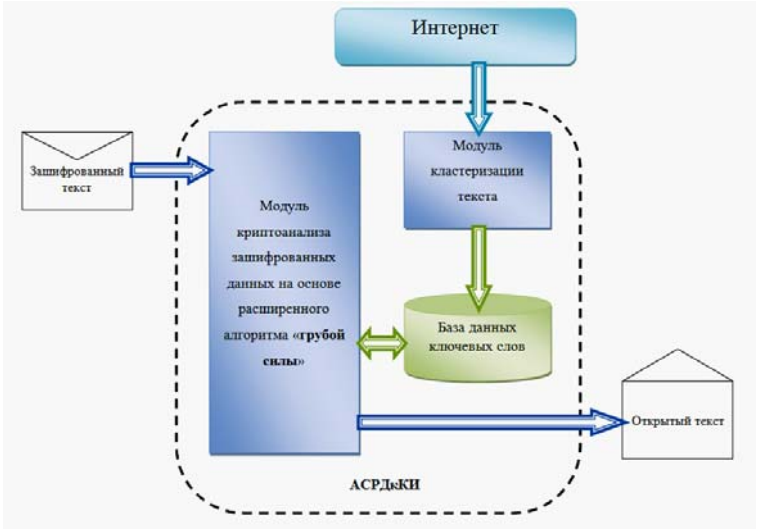


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия модуля кластеризации текста с модулем криптоанализа в АСРДкКИ

Модуль кластеризации текста постоянно взаимодействует с глобальной сетью Интернет для своевременного обновления баз данных ключевых слов (и соответствующих «семантических облаков»). Постоянно производится «парсинг» – целенаправленный просмотр текстовой информации.

Несмотря на то, что модуль кластеризации информации подключен к ГВС, данная архитектура АСРДкКИ удовлетворяет требованиям информационной безопасности: взаимодействие с Интернетом производится однонаправленно. Модуль считывает текстовую информацию, анализирует её и пополняет базу данных ключевых слов. Вероятность проникновения в ЛВС предприятия вредоносного программного обеспечения через данный узел практически равна нулю.

Структура алгоритма представлена на рис. 2.

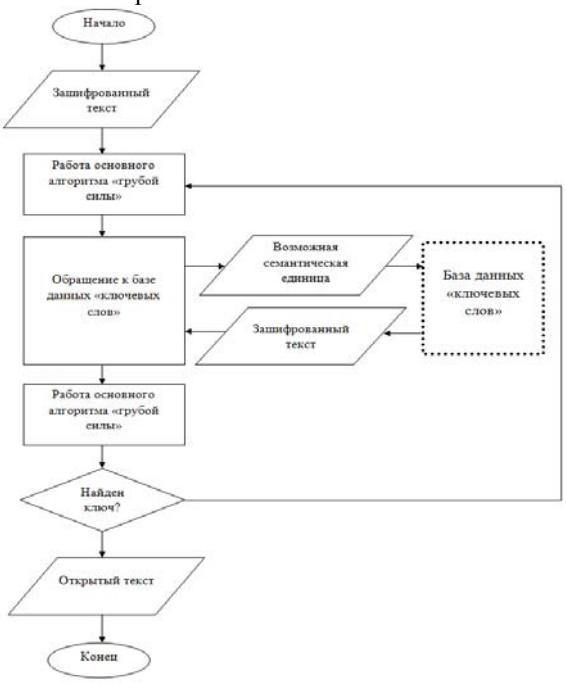


Рис. 2. Структура расширенного криптоаналитического алгоритма «грубой силы»

Обращение к базе данных «ключевых слов» происходит в двух случаях: пополнение «семантического облака» со стороны модуля кластеризации текста, запрос «семантического облака» со стороны модуля криптоанализа. Требуется обеспечение высокого уровня надёжности базе данных «ключевых слов».

Модуль кластеризации текста и модуль криптоанализа можно объединить в модуль мониторинга исходящего информационного трафика предприятия. Применение данного модуля повысит эффективность АСРДкКИ, позволит производить постоянный контроль над внешним электронным документооборотом предприятия.

Современные промышленные предприятия всё чаще применяют технологии класса CALS, что подразумевает существование единой информационной среды [3]. Также использование систем класса SCADA, CNC, CAD/CAE/CAM-систем требует наличия единого информационного пространства, доступ к которому должен быть ограничен [4].

При проектировании АСРДкКИ требуется использовать интеграционный подход [5]. Описанные модули следует использовать как важные части основной АСРДкКИ.

В статье описан расширенный алгоритм метода «грубой силы». Применение данного алгоритма в АСРДкКИ обеспечит увеличение производительности системы за счёт оптимизации работы модуля мониторинга исходящего информационного трафика предприятия, основанной на применении дополнительного модуля кластеризации информации.

Библиография

1. Хорев П.Б. Методы и средства защиты информации в компьютерных системах: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 256 с.

2. Панасенко С.П. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 576 с.

3. Карлова Т.В. Интегрированная модель факторов эффективности и развития производства в автоматизированных системах управления // Информационные технологии в технических и социально-экономических системах: сб. научн. тр. МГТУ «Станкин» / под ред. Ю.М. Соломенцева. – Вып. 2. – М.: Янус-К, 2003.

4. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Программирование систем числового программного управления. – М.: Логос, Университетская книга, 2008. – 344 с.

5. Карлова Т.В., Кузнецова Н.М. Разработка концепции обеспечения многоуровневого доступа к конфиденциальной информации // Вестник МГТУ «Станкин». – № 2 (14). – 2011. – С. 87–90.

УДК 303.732.4/316.4

СОЦИОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОДГОТОВКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РЕСУРСА НАУКОЁМКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Карлова Т.В., Бекмешов А.Ю., Егорова О.С., Запольская А.Н.

Институт конструкторско-технологической информатики РАН

zap-ann@yandex.ru

В статье предложен подход к решению задач, стоящих перед многоуровневой системой управления качеством профессионального образования. Предложенные модели, применяемые в социодинамике, выступают средством изучения социальной системы, при этом часто используются и для решения управленческих задач.

Ключевые слова: система управления, профессиональное образование, социодинамика, системный анализ, параметры качества образования, производство.

SOCIODYNAMIC ANALYSIS OF PROFESSIONAL TRAINING RESOURCE HIGH-TECH INDUSTRIES

Karlova T.V., Bekmeshov A.Y., Egorova O.S., Zapolskaya A.N.

Institute for design technological informatics of RAS

This article proposes an approach to solving the problems faced by the multi-level management system of quality for professional education. The proposed models, used in sociodynamics, are the instrument of studying the social system and are used in the solution of management problems.

Keywords: management system, professional education, sociodynamics, system analysis, the parameters of quality of education, production**.**

Основными задачами, стоящими перед многоуровневой системой управления качеством профессионального образования, являются: установление рационального перечня измеряемых параметров и критериев оценки результатов; формирование исходной информационно-аналитической базы функционирования изучаемого объекта; выбор, разработка и внедрение научно обоснованного диагностического инструментария – современных имитационных и математических моделей, методов и технологий оценки качества образовательного процесса; исследование и соотнесение полученных результатов с критериями оценки результатов в различных квалиметрических шкалах.

Модель исследуемого объекта представляет собой систему материальных или идеальных (выраженных в знаках) элементов или их комбинацию, находящуюся в отношении подобия к объекту исследования и воспроизводящую структурно-функциональные, причинно-следственные и генетические связи между его элементами.

Наиболее полно познавательные возможности социального моделирования проявляются при рассмотрении его как метода системного исследования.

Многофакторность социальных явлений и процессов, историчность, сильное взаимодействие между элементами социальной системы и сложный характер связей, наличие субъективного фактора и целенаправленность социальных систем, трудности квантификации – эти и другие особенности социальных явлений и процессов обусловливают существенное отличие социальных моделей как инструмента познания от моделей, использующихся в естественных и технических науках.

Одновременно своеобразие применяемых моделей во многом обусловлено спецификой целей, задач и способов социологического исследования. Модели, выступая средством изучения социальной системы, при этом часто используются и для решения управленческих задач, т.е. служат основой для преобразования системы в интересах человека [1].

Наилучшим образом можно учесть отмеченную специфику, обращаясь к способу прямого описания, при котором социальный объект и отображающие его модели рассматриваются в виде систем с гомоморфными (изоморфными) структурами, т.е. к моделям, язык которых, по существу, совпадает с естественным языком описания моделируемого объекта, либо к моделям, в которых человек участвует в качестве их важнейшего элемента.

Для поиска зависимостей между переменными и выявления наиболее значимых факторов используются модели анализа регрессионного и анализа дисперсионного; для свертки информации, обнаружения скрытых факторов и построения индексов – модели анализа факторного и анализа латентно-структурного; для выявления структуры расположения объектов в пространстве признаков – классификационные модели; для анализа таблиц сопряженности – модели многомерного дискретного анализа и модели анализа данных.

«Элементами» социальных систем являются индивиды, каждый из которых представляет собой сложную подсистему. Поэтому качественное исследование социальной системы необходимо провести до ее количественного описания.

Качественный анализ имеет задачу определить, какие тенденции и модели индивидуального поведения активизированы и релевантны и какие – пассивны и иррелевантны в той или иной ситуации. Этот анализ является необходимой предпосылкой для выбора переменных на микро-, мезо- и макроуровне и важен для определения релевантных тенденций и переменных, сопряженных ещё с одной трудностью.

Если дана только одна серия событий на одном примере (нация или экономика), очень трудно сделать заключения о лежащих в основе причинах даже при ретроспективном анализе.

Количественные модели не способны охватить все разнообразие качественных признаков социальной системы. Наоборот, только модели, разработанные для оптимального или ограниченного количества переменных и параметров трендов, оказываются пригодными и полезными для исследования динамики социальной системы.

Состояние социальной системы и ее эволюция, с одной стороны, могут быть охарактеризованы несколькими доминирующими параметрами или релевантными макропеременными, а с другой стороны, являются результатом большого количества микродействий со стороны индивидов. Однако индивиды не являются абсолютно свободными в своих решениях и действиях, а частично контролируются и регулируются системой.

Сконструированная количественная модель одного из секторов общества должна, таким образом, объединять несколько тщательно отобранных ключевых переменных и относительно небольшое количество контролируемых или постоянных параметров трендов. Структуры таких моделей определяют диапазон их применимости и, одновременно, их ограничения.

На основании вышеизложенного установлены факты, что качественный анализ социальной системы должен предшествовать количественному моделированию и что количественный подход является дополнительным к качественному подходу.

Пересечения или совмещения качественного анализа и количественных аспектов моделирования делают возможным плодотворное взаимодействие между обеими формами рассуждений, которые могут в оптимальном случае привести к взаимному улучшению и усилению аргументации в процессе моделирования. Такая форма взаимодействия качественного и количественного исследования есть не что иное, как замкнутая процедура (петля обратной связи).

Она состоит из следующих этапов:

1. Качественное исследование социального сектора ведет к выбору релевантных ключевых переменных и к идентификации параметров, мотиваций и будущих действий социальных единиц (индивидов).

2. Моделирование ведет к количественным измерениям для всех переменных и параметров. В итоге динамика системы должна быть описана количественно в терминах дифференциальных уравнений.

3. После градуирования параметров трендов и выбора начальных условий могут быть смоделированы различные сценарии и результаты сравнены с реальными данными.

4. Оценка либо ведет к доказательству правильности моделирования, либо требует коррекции.

5. На данном этапе вступает в действие петля обратной связи. Коррекция может состоять из рекалибровки параметров трендов. Иными словами, может быть необходимо введение дополнительных или альтернативных терминов или даже новых переменных. Их введение должно быть оправдано качественной аргументацией. Новая модель должна быть сравнена с эмпирическими случаями до того, как последние внедряются в сценарное многообразие.

6. Процесс проб и ошибок, который реализуется итеративно от первого до пятого этапов, ведет как к усовершенствованию количественной модели, так и к возрастанию точности качественного анализа. Оба процесса являются результатами действия петли обратной связи.

С учетом анализа принципов общего подхода к количественному моделированию динамических процессов в человеческом обществе установлены аргументы, релевантные к выбору соответствующих математических методов.

Анализ эволюции общества и его перехода от промышленно-индустриальной к информационной эпохе осуществлялся на основе сопоставления: средних периодов $\tau_{бп}$ биологической смены поколений $П_q$ ($q=1, 2.....Q_n$), средних периодов $\tau_{бж}$ биологической жизни человека и периодов $\tau_т$ жизни базовых технологий Т. Определяющим в перечисленной совокупности периодов является наиболее стабильный, ведущий компонент – средний период $\tau_{бп}$ биологической смены поколений, который был принят равным $\tau_{бп} = 25$ лет. Средний период $\tau_{бж}$ биологической жизни человека определен тремя поколениями и, следовательно, как производная величина составляет $\tau_{бж}=3\ \tau_{бп} = 75$ лет.

Сопоставительный качественный анализ периодов $\tau_т$ жизни технологий T_v ($v=1,...N_T$) и периодов $\tau_{бп}$ биологической смены поколений $П_q$ ($q = 1...Q_П$), проведенный на основе информационно-ритмологического подхода (ИРП) в соответствии с методикой дал возможность сделать следующие выводы: в индустриальном – доинформационном обществе фазы социальной эволюции определяются периодами $\tau_т$ жизни технологий T_v, длительность которых превосходит средний период $\tau_{бп}$ биологической смены поколений, т.е. $\tau_т > \tau_{бп}$, в постиндустриальном – информационном обществе определяющим компонентом выступает период $\tau_{бп}$ смены поколений, а эволюция общества, как и ранее, происходит в соответствии с периодами смены базовых технологий $\tau_т$.

Однако длительность этих периодов уже не превосходит (как правило, существенно меньше) периодов $\tau_{бп}$, т.е. $\tau_т < \tau_б$. При этом основополагающим фактором обновления технологий T_V и темпов их смены являются темпы и периоды смены информационных технологий, а в конечном счете – темпы накопления и обновления социальных знаний и, как следствие, интеллектуального уровня общества [2].

Важнейшим результатом указанных исследований является обоснованное заключение о динамике развития современного общества. Такое заключение представим в форме совокупности следующих принципов:

– развитие общества непосредственно связано и в значительной мере определяется технологиями средств и орудий производства в различных сферах деятельности человека (справедливо и обратное определение);

– эволюция технологий, в том числе и информационных, имеет устойчивую тенденцию к сокращению длительности цикла жизни и стремление к некоторому пределу, имеющему свое значение в рамках каждой конкретной технологической парадигмы;

– создание новых технологий определяется уровнем интеллектуального, а следовательно – информационного развития общества, т.е. уровнем фундаментальных и прикладных знаний, а также умениями их практического использования.

Процессы приобретения, накопления, усвоения, хранения и использования знаний сопровождают каждого человека на протяжении всей его жизни. При этом независимо от возраста имеют место два взаимосвязанных и взаимодействующих процесса. Один из них направлен на накопление знаний, наращивание их объема, полноты и целостности; второй – на формирование интеллектуальных умений и, в более широком плане, развитие механизмов мышления. Указанные процессы в их взаимосвязи и взаимодействии приводят к возрастанию интеллекта конкретной личности, расширению спектра решаемых задач и проблем, в том числе и порождающих новые знания, т.е. обеспечивают создание новых интеллектуальных ресурсов, носителем которых является конкретная личность и общество.

Следовательно, каждый конкретный человек и общество в целом выступают в качестве носителя, производителя и потребителя интеллектуальных ресурсов. Инфраструктурой, поддерживающей производство и потребление интеллектуальных ресурсов, ее информационной, социальной и материальной средой выступает образовательная система.

Традиционно процессы формирования знаний и интеллектуальных умений осуществляются в среде социальных (коллективных) и индивидуальных образовательных технологий, имеющих различные формы реализации. Однако в существующих образовательных системах доминируют коллективные образовательные технологии, направленные на интенсификацию формирования объемов знаний. К сожалению, совершенно недостаточно развиты и используются индивидуальные и коллективные образовательные технологии, направленные на формирование интеллектуальных умений, развитие активности мышления, и, как следствие, на развитие интеллекта – стратегического ресурса информационного общества.

Технологии, создаваемые в эпоху информационного общества, – наукоёмкий и, что особенно важно, интеллектуалоемкий продукт, имеющий тенденцию к прогрессивно ускоряющемуся обновлению. Именно интеллект человека – индивидуальный, коллективный и социальный – порождает новые знания, дает возможность создавать и реализовывать новые технологии для удовлетворения постоянно возрастающих индивидуальных, коллективных и социальных потребностей.

В многочисленных отечественных и зарубежных публикациях рассматриваются различные его аспекты. Так, например, М.Б. Беркенблит и А.В. Чернавский считают, что «главная черта интеллекта – это его целенаправленность». Солсо Р.Л. определяет интеллект как «способность приобретать, воспроизводить и использовать знания». Л.Р. Хаббарт рассматривает интеллект как «способность ставить и решать задачи». Л.Б. Емельянов-Ярославский характеризует интеллект как «способность предвидеть неизвестное, придумывать новое», а за основу интеллекта берет «способность к обобщению и ассоциациям». Подобный перечень примеров может быть продолжен. Однако, с учетом исследовательских данных, целесообразнее сделать следующее заключение. Интеллект не существует как некоторый особого рода объект. Интеллект «погружен» в определенную высокоорганизованную среду, функционирование которой характеризуется свойствами, называемыми интеллектуальными. Среду, обладающую интеллектом, принято называть интеллектуальной системой.

В процессе функционирования интеллектуальная система не только использует (потребляет) уже известную ей информацию – она генерирует новую информацию (знания, данные), т.е. выступает в качестве производителя и источника интеллектуальных информационных ресурсов.

В силу определяющей роли интеллекта в развитии личности и общества в информационную эпоху он – интеллект – становится стратегическим ресурсом личности, общества, цивилизации. Рассматривая интеллект как стратегический ресурс, порождающий новые знания, можно утверждать, что прогресс общества, его благосостояние, независимость и защищенность в определяющей мере зависят от интеллектуального уровня этого общества.

В результате накопления знаний происходят качественные изменения обучающегося, а накопление качественных изменений обуславливает его переход к новому уровню развития.

Отсутствие единого подхода к определению качества подготовленности не только значительно затрудняет, но и не обеспечивает полностью возможность его объективного оценивания.

Основной сферой практического применения анализа являются такие управленческие функции, как оценка и контроль, система измерения динамики качественно-количественных изменений объекта. Эту функцию может выполнить только количественно-качественный анализ, интегрирующий все положительные характеристики различных видов социально-образовательного исследования и дающий возможность проводить глубокие обобщения состояния инфраструктуры подготовки кадров [3].

Если более подробно рассмотреть проблемы подготовки кадров, то следует отметить целый комплекс проблем в этой области. Как отмечалось выше, нарастают проблемы с кадрами, обеспечивающими исследования и разработки, остро стоит проблема нехватки среднего технического персонала и квалифицированных рабочих.

Проблемой предприятий, выпускающих инновационную продукцию, в последнее время является старение кадров. В условиях отсутствия преемственности поколений используемые технологии могут быть частично утеряны.

Наконец, следует отметить и дефицит квалифицированных преподавателей для подготовки кадров. Во многих вузах преподают специалисты, не имеющие практического опыта в том, чему они обучают студентов. Обучение ведется по зарубежным разработкам и пособиям, не отражающим в полной мере российскую специфику и реалии, в результате чего выпускаются специалисты, которым потом в течение нескольких лет приходится набирать опыт самостоятельно.

Поскольку обучение кадров – процесс достаточно длительный и инерционный, а время наступления необратимых изменений на многих предприятиях, ориентированных на выпуск наукоемкой продукции, может оказаться меньше срока решения кадровой проблемы, следует предусмотреть создание и развитие системы консалтинга для промышленных предприятий в области инновационной деятельности и продвижения на рынки наукоемкой продукции.

Библиография

1. Вайдлих В. Социодинамика: системный подход к математическому моделированию в социальных науках: пер. с англ. / под ред. Ю.С. Попкова, А.Е. Семечкина. – Изд. 2-е, стереотипное. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – 480 с.

2. Прангишвили И.В. Общесистемные закономерности и проблемы управления // Международная конференция по проблемам управления (29 июня – 2 июля 1999 года): сб. пленарных докладов. – М.: Проблемы управления, 1999. – С. 76–92. – 180 с.

3. Карлова Т.В. Системные принципы объекта управления: социологический анализ: монография. – М.: Янус-К, 2004.

УДК 338.2.(075.8)

ВЛИЯНИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ НА КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЮ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

Запольская А.Н.

Институт конструкторско-технологической информатики РАН

zap-ann@yandex.ru

В статье рассматривается влияние инфокоммуникаций на оптимальную организацию предприятия по коммерциализации научно-технических разработок.

Ключевые слова: инновации, инфокоммуникации, создание, управление проектом.

INFOCOMMUNICATION'S IMPACT ON THE COMMERSIALIZATION ON THE RESEARCHES AND DEVELOPMENT

Zapolskaya A.N.

Institute for design technological Informatics of Russian Academy of Sciences

The article is about the influence of info-communications on the optimal organization of company for commercialization research and development.

Keywords: innovation, information communications, development, project management.

Приоритетное развитие современных наукоемких отраслей, в том числе машиностроения, влечет за собой необходимость развития методологии и инструментария наиболее удобного и быстрого способа внедрения современных научно-технических программ в реальный сектор экономики.

Становится всё более очевидным, что повышение конкурентоспособности российских научно-технических разработок и выход российской научно-технической мысли на мировой уровень возможны на данный момент только через развитие инновационной деятельности. Одним из главных направлений развития и стимулирования инновационной деятельности является создание правильно организованной инновационной инфраструктуры.

В отличие от развитых стран, где существуют венчурные предприятия, которые являются связующим звеном при обслуживании потребности крупных предприятий в перспективных разработках, большинство российских предприятий предпочитают производить такие разработки самостоятельно. На Западе эта функция все чаще выносится вовне, то есть предприятия предпочитают покупать разработку, а не проводить ее своими силами, у нас же на большинстве предприятий имеется значительное количество собственных разработчиков, которые тщетно стараются самостоятельно решать все научно-технические, экономико-социальные и финансовые вопросы, не разделяя их и не привлекая сторонних профессионалов [1].

Как повысить вероятность успеха коммерциализации, ускорить её и снизить необходимые при этом затраты? В качестве базового управленческого инструмента необходима четкая и наиболее оптимальная система организации экономико-социальных инфокоммуникаций между участниками. Они определяются прежде всего общей концепцией инновационного проекта, которая, в свою очередь, определяет варианты его реализации, формирует основные цели и ожидаемые конечные результаты для оценки возможной эффективности проекта [2]. Этапы процесса разработки и реализации инновационного проекта показаны на схеме 1:

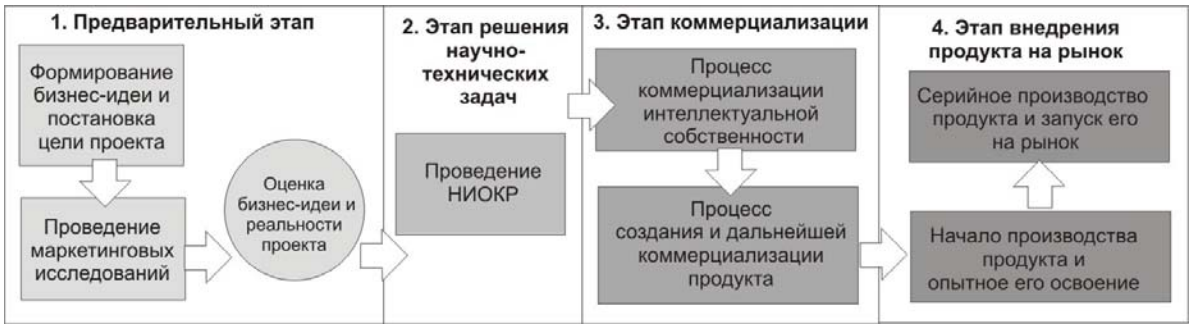


Схема 1. Основные этапы разработки и реализации инновационных проектов

Реализация замысла инновационного проекта обеспечивается его участниками. В зависимости от вида проекта в его реализации могут принимать участие от одной до нескольких десятков (иногда сотен) организаций. У каждой из них свои функции, степень участия в проекте и мера ответственности за его реализацию (схема 2).

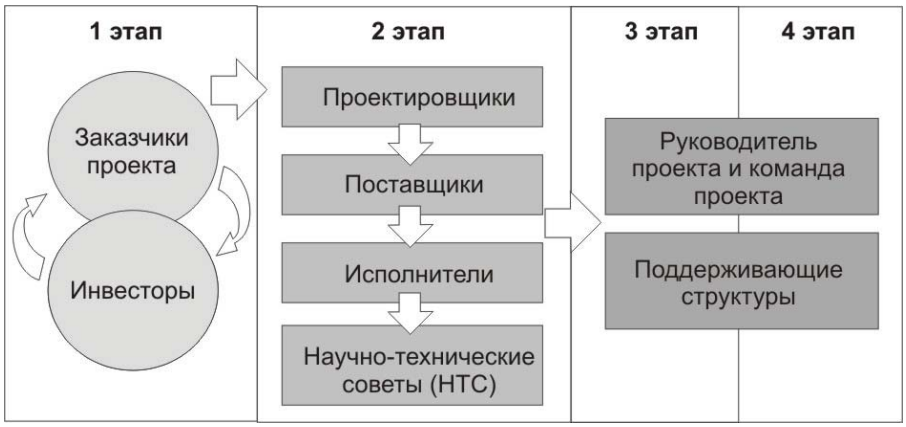


Схема 2. Взаимодействие основных участников инновационного проекта по этапам

1. ***Заказчики проекта*** – будущие владельцы и потребители результатов проекта.
2. ***Инвесторы*** – физические или юридические лица, вкладывающие средства в проект (инвестор может сам быть и заказчиком).
3. ***Проектировщики*** – специализированные проектные организации, разрабатывающие проектно-сметную документацию и ответственные за весь комплекс работ.
4. ***Поставщики*** – организации, обеспечивающие материально-техническое обеспечение проекта.
5. ***Исполнители (подрядчики)*** – юридические лица, несущие ответственность за выполнение работ в соответствии с контрактом (научно-технические организации, производственные предприятия, вузы и пр.).
6. ***Научно-технические советы (НТС)*** – ведущие специалисты по тематическим направлениям проекта, несущие ответственность за выбор научно-технических решений, уровень их реализации, полноту и комплексность мероприятий для достижения проектных целей и организующие конкурсный отбор исполнителей и экспертизу полученных результатов.
7. ***Руководитель проекта*** – физическое или юридическое лицо, которому заказчик делегирует полномочия по руководству работами по проекту.
8. ***Команда проекта*** – специфическая организационная структура, возглавляемая руководителем проекта и создаваемая на период осуществления проекта с целью эффективного достижения его целей.
9. ***Поддерживающие структуры*** – организации, содействующие основным участникам проекта и образующие вместе с ними инфраструктуру инновационного предпринимательства (инновационные центры, фонд поддержки проектов, консалтинговые фирмы, орган независимой экспертизы, патентно-лицензионные компании).

Наиболее правильной для управления этапами и участниками инновационного процесса является модель инновационного процесса, представленная в виде круговой системы, включающей этапы инновационного цикла и взаимосвязи между ними. Модель показывает непрерывность и автономность процесса, в котором невозможно определить его начало или конец. Как только создается система, начинается самостоятельное непрерывное развитие инноваций с постоянным обновлением (схема 3).

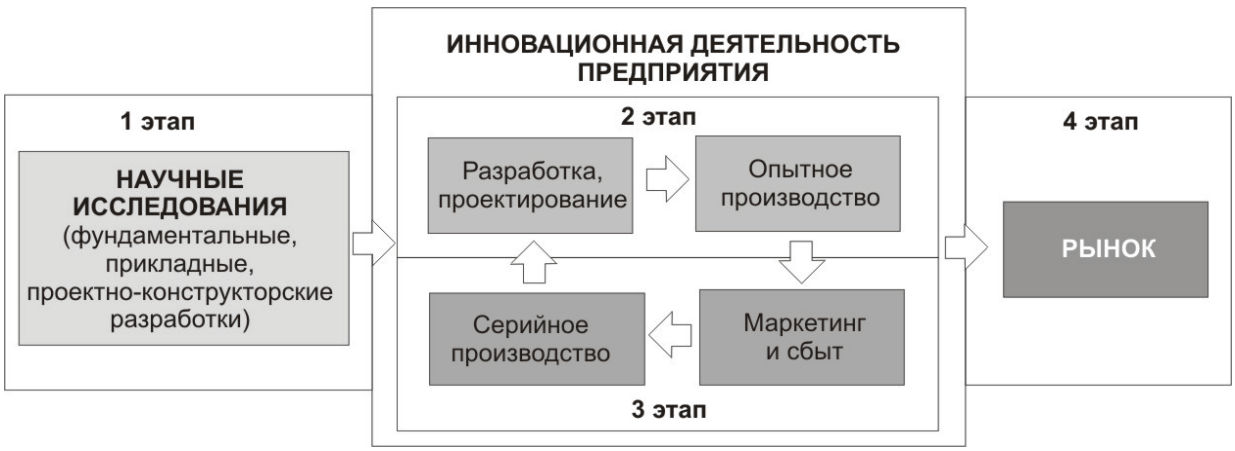


Схема 3. Модель коммуникаций между участниками инновационного процесса

Для оптимального процесса коммерциализации научно-технических разработок нужно четко представлять инфокоммуникационные задачи каждого из участников (схема 4):

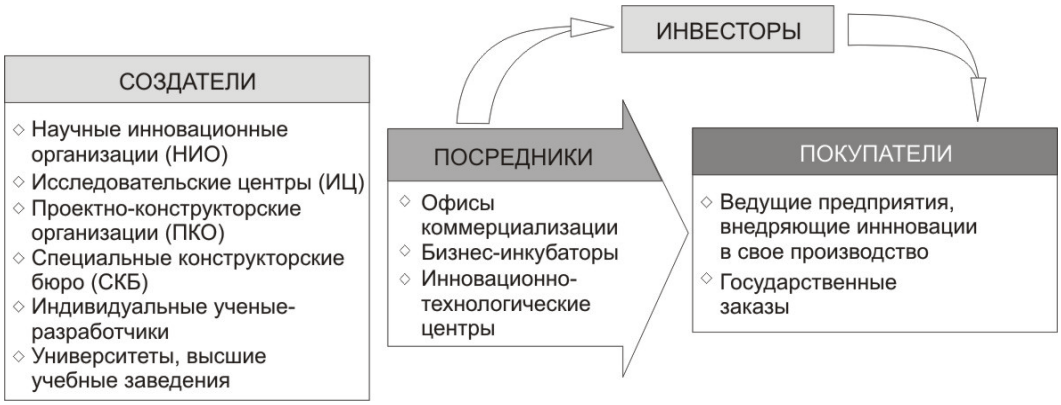


Схема 4. Инфокоммуникационные взаимосвязи участников процесса коммерциализации

Основные инфокоммуникационные задачи участников:

1. ***НИО, ИЦ*** – научная и экспериментальная проверка внешних возможностей материализации нормативов конкурентоспособных товаров; разработка новшеств, конкурентоспособных на рынке. Реализация маркетинговой концепции.

2. ***ПКО, СКБ*** – конструкторские разработки и проектирование идей, проверенных НИОКР, экспериментирование и испытание новых образцов товаров в целях обеспечения их конкурентоспособности. При воплощении конкретных результатов НИР необходимо использование различных методов прогнозирования и экспериментирования для оптимизации паритетных качеств конечного продукта.

Успех движения в большинстве случаев на практике зависит от эффективной работы структур, содействующих продвижению продукта. На стадии научной идеи и макета – это офисы коммерциализации разработок, при создании новых инновационных предприятий – бизнес-инкубаторы, на более поздних стадиях – инновационно-технологические центры [3].

3. ***Офисы коммерциализации разработок*** – решение вопросов, связанных с оценкой коммерческого потенциала разработок, защитой интеллектуальной собственности, правильным использованием лицензионных соглашений. Часто офисы коммерциализации разработок являются основным инструментом построения региональной инновационной системы.

Офисы коммерциализации являются центральным инфокоммуникационным звеном, осуществляющим сбор информации о разработках и передачу её потенциальному потребителю. В случае заинтересованности заказчику не нужно искать конкретного разработчика, а достаточно обратиться в офис коммерциализации. При этом важно, что интересы разработчика надежно защищены. Осуществление этапа коммуникаций через офис коммерциализации выглядит так (схема 5):

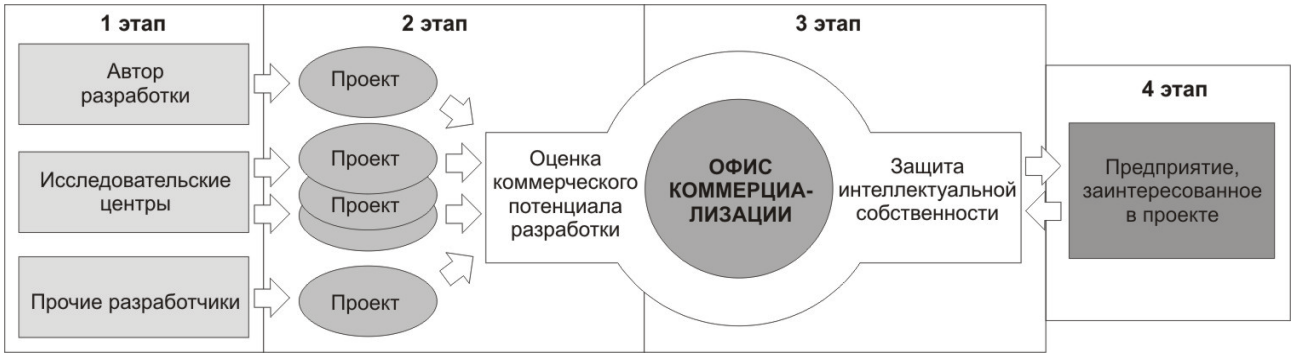


Схема 5. Инфокоммуникации участников процесса через офис коммерциализации

4. **Бизнес-инкубаторы** осуществляют задачи становления молодых предприятий в первые три года их существования и предоставления малым инновационным компаниям на льготных условиях элементов деловой инфраструктуры (помещений, персонала и пр.), что существенно помогает компаниям сосредоточиться на главном направлении своего бизнеса.

Бизнес-инкубаторы активно используются в мировой практике как структуры, которые активно работают с университетскими центрами трансферта технологий и технопарками. Их основная инфокоммуникационная задача – способствовать увеличению количества успешных инновационных компаний. Идея российского бизнес-

инкубатора на сегодняшний день состоит в создании реального механизма поддержки начинающих предприятий (схема 6).

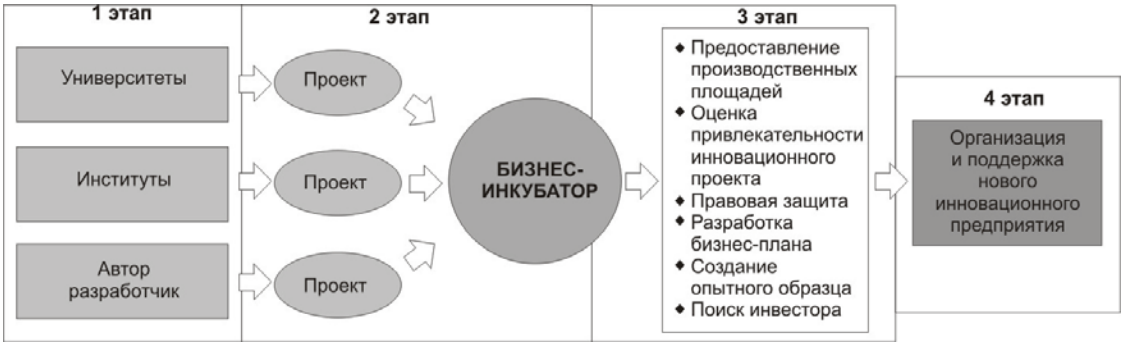


Схема 6. Инфокоммуникации участников процесса через бизнес-инкубаторы

5. ***Инновационно-технологические центры*** осуществляют задачи объединения и взаимодействия малых инновационных предприятий, которые уже прочно закрепились на рынке. Их деятельность может быть весьма эффективной, если рассматривать их как центры координации и развития. В качестве примера успешного российского инновационно-технологического центра можно представить технопарк, который координирует развитие электронных технологий. Технопарк, сформировав несколько крупных проектов по продвижению инновационной продукции сектора электронных технологий, увеличил объем продаж своего сектора в 2,5 раза (схема 7).

Схема 7. Инфокоммуникации участников через инновационно-технологический центр

Заключение

На российском рынке чаще всего складывается ситуация, когда участники процесса разработки и внедрения инноваций (ученые-разработчики, предприятия и инвесторы) существуют независимо, обособленно и в принципе не чувствуют необходимости организации связей друг с другом. Использование правильно построенных коммуникаций между ними, использование, с опорой на мировой опыт, специализированных агентств-посредников поспособствует более быстрому и успешному проникновению инноваций на рынок, а также создаст наиболее удобные условия взаимодействий между инвесторами и разработчиками [4].

На решении этой задачи и должны быть сконцентрированы усилия законодательной и исполнительной власти, ученых, предпринимателей и менеджеров, поскольку совершенствование инфокоммуникационного механизма в плоскостях научно-технической и инновационной деятельности может дать ощутимый скачок в развитии малого инновационного российского предпринимательства и коммерциализации российских научно-технических разработок.

Библиография

1. Авдулов А.Н., Кулькин А.Н. Новая парадигма технологического развития: опыт США // Вестник РФФИ. – 2003. – № 1.

2. Бородин В.А. Стратегия управления инновационной фирмой. – М.: Эк-мос, 2004. – 196 с.

3. Гохберг Л.Н., Ковалева Н.В., Кузнецова И.А. Инновационные технологии в России: анализ потребностей в обучении и возможностей роста // Британский Совет. – 2001. – С. 6.

4. Запольская А.Н., Кононова О.В., Кононов О.А. Инфокоммуникационные технологии как инструмент управления информационными отношениями в корпоративной среде // Вестник СГАУ. – 2009. – № 4. – 10 с.

УДК 62-5; 681.5

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РОБОТОХИРУРГИИ

Шептунов С.А.

Институт конструкторско-технологической информатики РАН (ИКТИ РАН)

ship@ikti.ru

На основе общих принципов и инструментария конструкторско-технологической информатики сформированы базовые положения и представлены инновационные способы формирования роботохирургической технологической среды в России. В рамках реализуемых государством программ предложены стратегии развития роботохирургии в России, поставлены цели и задачи и намечены основные этапы её развития.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая информатика, роботохирургия, роботохирургическая технологическая среда, стратегии развития роботохирургии.

TECHNOLOGICAL DESIGN INFORMATICS AS AN EFFECTIVE TOOL OF THE DEVELOPMENT OF ROBOT SURGERY

Sheptunov S.A.

Institute of Design-technological informatics of RAS (IDTI RAS)

On the basis of general principles and tools of design and engineering science there are formed the basic provisions and presents innovative ways of forming robotsurgery technological environment in Russia. As a part of ongoing government programs there are offered the state development strategies robotsurgery in Russia, there are set goals and objectives for its development and the basic steps.

Keywords: design and technological science, robotsurgery, robotsurgery technological environment, robotsurgery strategy.

Роботохирургия как инновационное направление в медицине произвела революцию в области хирургического вмешательства при лечении человека. Однако внедрение этого нового направления медицины в России значительно сдерживается по многим причинам, наиболее существенной из которых является необходимость создания системы оказания роботохирургических услуг (медицинская технологическая среда роботохирургических услуг). Базовые положения при формировании роботохирургической технологической среды могут быть сформированы на основе общих принципов и инструментария конструкторско-технологической информатики. Результаты такой работы приведены в данной статье.

Актуальность развития роботохиругии

Руководство страны проводит постоянную и систематическую работу по дальнейшему совершенствованию государственной политики в сфере здравоохранения, направленную на сохранение и укрепление здоровья граждан Российской Федерации, увеличение продолжительности их жизни [1–3].

Одним из наиболее эффективных инструментов при решении поставленных Правительством РФ и Минздравом РФ задач по совершенствованию качества медицинских услуг является внедрение в клиниках инновационных технологий и передового оборудования. В рамках реализуемых государством программ и инициатив Минздрава РФ уже достигнуты определенные успехи. Однако мировая медицинская индустрия постоянно формирует новые вызовы, которые, взвинчивая темпы совершенствования технологий в здравоохранении, зачастую способны принципиально менять целые области традиционной медицины. В этих условиях только копирование и закупка зарубежной медицинской техники (при отсутствии должной инфраструктуры, сервисов и кадров) не только не позволяют своевременно и в полной мере достичь мирового уровня, но зачастую создают непреодолимые проблемы, обрекая на хроническое и нарастающее технологическое отставание. Только жесткая борьба за лидирующие мировые позиции может обеспечить поступательное и гармоничное развитие российской медицины, способной своевременно и в полной мере решать масштабные социально значимые задачи.

За последние 5 лет в мировой хирургии произошла технологическая революция. На смену традиционным травматичным хирургическим вмешательствам с открытым операционным полем, большими потерями крови, высокой вероятностью осложнений, долгим периодом долечивания и реабилитации пришли новые технологии, где все манипуляции внутри тела человека осуществляются через небольшие проколы.

В основе этой технологии лежит использование роботов-хирургов. Только в США таких роботов используется более 2 тысяч. Уже сформировались области хирургии (например, урология и маммология), где роботохирургическим способом выполняется до 92 % операций [2], и это предпочтение оправдано. В то время как традиционная хирургия требует 2–3-недельного долечивания и нескольких месяцев реабилитации, после операции с исполь-

зованием робота-хирурга больного можно выписывать на 2–3 день. За счет уникальных возможностей робота (многократное увеличение операционного поля, миниатюрные инструменты, локализация иссекаемых органов) операция осуществляется максимально щадящим способом, с сохранением всех важных органов, что при традиционных операциях часто невозможно обеспечить. В целом ряде значительных, а порой революционных и ранее недостижимых преимуществ наиболее существенным является тот факт, что хирург может не находиться над операционным столом, а размещаться в соседней (нестерильной) комнате или даже в другом здании или городе. Робот дает возможность снизить требования к квалификации хирурга, что создает условия для массового выполнения операций, ранее считавшихся уникальными.

Важно отметить, что революционные преимущества роботохирургии позволяют значительно (в отдельных областях в разы) уменьшить риски при операционных вмешательствах, а также позволяют выполнять ранее неосуществимые виды операций, тем самым значительно снижая послеоперационную смертность, что существенно улучшает показатели продолжительности и качества жизни населения. Роботохирургия создает основу принципиально новой – упреждающей и профилактической медицины, прежде всего в таких областях, как онкология, урология, кардиология.

Актуальная стратегия развития роботохирургии в России

Наблюдая изменение мировых тенденций в хирургии и значительное нарастающее смещение ее в область роботохирургии, можно отметить, что промедление в освоении и внедрении этой новой технологии значительно обеднит и уменьшит конкурентоспособность российского рынка медицинских услуг. Одновременно можно будет констатировать отставание роста качества медицинской помощи россиянам по сравнению с зарубежными клиниками, что значительно усугубляется последними шагами вступления России в ВТО. Изменение ситуации за счет гонки за зарубежными лидерами является ошибочной стратегией, обреченной на неудачу. Необходимо новое, прорывное, опережающее мировых лидеров в данной области решение в роботохирургии, позволяющее «захватить» сектор мирового рынка и обеспечить на нем сильные позиции российским врачам.

В связи с этим ожидание снижения цен на зарубежные роботы, создание зарубежных аналогов или иные подходы, основанные на уже существующих решениях, не представляются целесообразными.

Только создание отечественного роботохирургического комплекса, не имеющего аналога в мире, и атака на мировые позиции в роботохирургии являются актуальными задачами.

Концепт в основе развития роботохирургии в России

Опыт использования в России хирургических роботов даже при их немногочисленности (в стране 10 роботов, активно используются 6) уже наработан, высоко оценен и находится на мировом уровне. Внедрение роботохирургии поддерживается Минздравом РФ.

Многолетний опыт эксплуатации робота Da Vinci (главный уролог Минздравсоцразвития РФ, д.т.н., проф. Пушкарь Д.Ю. – более 500 роботохирургических операций) позволяет сформировать концепт программы «Развитие роботохирургии»: организация в масштабе страны комплексной системы инновационного медицинского обслуживания населения на основе компактного бюджетного робота-хирурга, наличие доступного робота как базовое условие для массового внедрения новых технологий роботохирургии в больницы России и паритетной интеграции в мировую медицину.

Цель и задачи развития роботохирургии в России

В соответствии с разделом «О государственной политике в области борьбы с неинфекционными заболеваниями» Государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» основной целью технологической среды роботохирургии является безусловное и опережающее обеспечение целевых показателей до 2020 года [3] по снижению смертности, послеоперационной инвалидности и показателей качества жизни на основе комплексной всероссийской системы оказания хирургической помощи с использованием хирургического робота.

Основная цель раскрывается подцелями/задачами по отдельным ключевым направлениям:

- повышение эффективности роботохирургии на основе обеспечения диагностики на ранних стадиях заболеваний;
- снижение инвалидности и смертности на основе использования роботохирургических технологий;
- снижение травматичности при проведении операций и сохранение жизненно важных органов и функций;
- сокращение сроков пребывания в стационаре, послеоперационной реабилитации и доведение этих показателей до мирового уровня.

Приоритеты и принципы в основе развития роботохирургии в России

1. Создание условий для обеспечения здорового образа жизни.
2. Развитие системы качественной и доступной медицинской помощи:
- повышение эффективности хирургической помощи и уменьшение нагрузки на стационар;
- балансировка стоимости стандартов оказания медицинской помощи с программой государственных;
- сокращение инвалидности или утраты качества жизни;
- снижение смертности, улучшение репродуктивного здоровья населения.
3. Обеспечение медицинской помощи на конкурентоспособном мировом уровне. Интеграция в мировые системы здравоохранения, использующие роботохирургию, трансфер технологий, инноваций и высококвалифицированных кадров.
4. Финансовая и территориальная доступность роботохирургической помощи населению страны.
5. Обеспечение роботохирургии квалифицированным персоналом:

- формирование идеологии и подходов к организации кадрового обеспечения роботохирургии квалифицированным персоналом – создание образовательно-кадрового континуума;
- устранение дисбаланса в численном и качественном составе специальностей, обеспечивающих роботохирургию;
- создание условий актуализации и перманентного совершенствования знаний и навыков практикующих на роботах-хирургах врачей;
- развитие образовательной инфраструктуры роботохирургии, в том числе клинических баз высших учебных заведений;
- разработка инновационных подходов к образованию, обеспечивающих переход от рутинной подготовки кадров к креативному развитию интеллекта, подготовке профессионального менеджмента и роботохирургов мирового уровня.

6. Разработка, внедрение и институционализация инновационных технологий:

- развитие научных школ в направлении роботохирургии;
- развитие инфраструктуры научного трансферта;
- повышение восприимчивости системы роботохирургии к внедрению инновационных, эффективных технологий охраны здоровья, диагностики, лечения и реабилитации.

Этапы и ключевые элементы развития технологической среды роботохирургии

Этап I. Создание базовых ресурсов (обязательные условия эффективного старта)

Для поступательного и необратимого развития роботохирургии первоначально необходимо создать условия для формирования достаточного «массива» базовых ресурсов и корректно структурировать их. А именно:

1. Консолидация (**«Союз роботохирургов»**) всех заинтересованных в развитии роботохирургии под патронажем Минздрава РФ с обязательным привлечением зарубежных центров и (на постоянной основе) хирургов мирового уровня.

2. Создание условий формирования научно-образовательного потенциала для разработки новых технологий, сбора, систематизации, распространения и приумножения знаний и эффективных практик в роботохирургии на основе клинического **«Центра компетенций роботохирургии»** и его самостоятельных отделений в Федеральных округах и субъектах федерации.

3. Подбор базовых клиник для внедрения роботохирургии и объединение их в единую сеть.

4. Обеспечение серии (гаммы) финансово доступных и финансово целесообразных, универсальных, компактных, технологически передовых хирургических роботов, прежде всего отечественной разработки, с одновременным паритетным привлечением лучших зарубежных образцов.

5. Создание системы сервисов для установки и последующего сопровождения хирургических роботов в клиниках страны.

6. Создание системы обеспечения клиник инструментами и расходными материалами, имеющими «целесообразные» цены.

7. Обеспечение инновационных образовательных процессов (прежде всего на базе «**Центра компетенций роботохирургии**») для подготовки в нужном объеме и с требуемым качеством следующих кадровых групп: врачи-хирурги; вспомогательный медперсонал; технические специалисты по обслуживанию роботов; специалисты и ученые по совершенствованию и разработке новых образцов роботов-хирургов, инструментов и др.

Этап II. Система оказания высококвалифицированной хирургической помощи на основе использования хирургического робота

1. Создание организационно-правовой базы (Минздрав РФ) развития нового сектора государственной медицинской помощи на основе роботохирургии. Формирование целей и задач роботохирургии, разработка механизмов контроля их достижения.

2. Разработка порядка интеграции роботохирургии в сложившуюся систему здравоохранения.

3. Обеспечение условий, стимулирующих внедрение роботохирургии в негосударственных медицинских клиниках.

4. Разработка и реализация государственных программ финансовой и иной поддержки клиник, внедряющих роботохирургию.

5. Разработка системы контроля и сертификации всех аспектов роботохирургии.

6. Создание системы подготовки и переподготовки персонала клиник, внедряющих роботохирургию. Введение в университетах Минздрава РФ обязательных программ по курсу «Роботохирургия».

7. Реклама и популяризация среди населения роботохирургии.

Этап III. Создание направления в медицинской промышленности для производства: медицинских роботов; медицинских приборов и устройств на базе медицинских роботов; инструментов и иных расходных материалов

1. Разработка и законодательное закрепление условий, стимулирующих промышленные предприятия на развитие производств хирургических роботов, инструментов и приспособлений.

2. Создание научно-промышленных консорциумов по разработке и внедрению хирургических роботов.

3. Выявление предприятий и их специализированная модернизация для производства роботохирургической техники.

4. Развитие нового направления в промышленности – изготовления инструментов для роботов-хирургов.

5. Формирование технологической платформы по роботохирургии.

6. Выявление и контроль за инновационным развитием видов продукции, являющихся базовыми для роботохирургии.

Этап IV. Разработка принципиально новых высокоэффективных комплексных сквозных технологий по оказанию медицинской помощи на основе роботохирургии

1. Разработка и внедрение новых комплексных (сквозных) технологий эффективной медицинской помощи с использованием роботохирургии – «**медицина завтрашнего дня»**.

2. Создание условий функционального развития роботохирургии и мехатронных медицинских комплексов, постоянное совершенствование технологий, новые конструкции, инструменты, приспособления **– «медицина будущего»**.

Библиография

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 598 «О совершенствовании государственной политики в сфере здравоохранения».

2. Материалы доклада Випула Пателя – профессора Университета Центральной Флориды, мирового лидера в области роботохирургии, Президиум Российской академии наук, 13 июня 2012 г.

3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие здравоохранения»: материалы коллегии Минздрава РФ от 28 сентября 2012 г.

УДК 621

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ – ВАЖНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Батыров У.Д., Атаев П.Л., Хапачев Б.С.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

itf@kbsu.ru

Рассмотрены вопросы обеспечения надежности технологических процессов изготовления машиностроительной продукции с точки зрения обеспечения ее качества на основе общепринятых в настоящее время подходов к данному вопросу.

Предложены некоторые пути повышения надежности указанных технологических процессов, а следовательно, и качества продукции.

Ключевые слова: правило «шести сигм», фактическое поле рассеяния, погрешность наладки, плюс-минус шесть сигм, надежность, технологический процесс.

THE RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IS AN IMPORTANT INDICATOR OF THE QUALITY OF MACHINE BUILDING PRODUCTS

Batirov U.D., Ataev P.L., Hapachev B.S.

Kabardino-Balkarian State University of H.M. Berbekov

Questions of reliability manufacturing processes engineering products in terms of quality on the basis of generally accepted approaches to this issue

Some ways of improving the reliability of these processes and, consequently, the quality of products.

Keywords: rule «six sigma», the actual field of scattering adjustment error, plus-minus six sigma, the reliability, the technological process.

С точки зрения эксплуатации изделий машиностроения, к наиболее важным показателям их качества относятся технический уровень и надежность, которые зависят от совершенства конструкции и технологии производства. С другой стороны, точность большинства изделий машиностроения является важнейшей характеристикой их качества [1].

Результирующая погрешность обработки деталей обычно формируется в результате одновременного воздействия большого числа погрешностей, зависящих от элементов технологической системы, которые по существу представляют собой взаимно независимые случайные величины. Влияние каждой из них на результирующую погрешность является величинами одного порядка, поэтому распределение результирующей погрешности обработки, а значит, и распределение действительных размеров обрабатываемых заготовок подчиняется закону нормального распределения. Закон Гаусса в большинстве случаев оказывается справедлив при механической обработке 8, 9 и 10-го квалитетов точности и грубее [2].

Известно, что для большинства законов распределения размеров условием обработки заготовок без брака является выражение:

$$\omega < T, \tag{1}$$

где T – допуск на выдерживаемый размер, мм;

ω – фактическое поле рассеяния выдерживаемого размера, мм.

Для закона нормального распределения это выражение приобретает вид:

$$6\sigma < T, \tag{2}$$

где σ – среднее квадратическое отклонение, мм.

При наличии систематической погрешности $\Delta_{сист}$, вызывающей смещение поля рассеяния относительно наладочного размера, условие обработки без брака видоизменяется:

$$6\sigma + \Delta_{сист} < T. \tag{3}$$

В выражении (3) часто принимается $\Delta_{сист}=\Delta_н$ (здесь $\Delta_н$ – погрешность наладки технологической системы), так как другие систематические погрешности во многих случаях удается компенсировать при наладке технологической системы. Тогда можно написать:

$$6\sigma + \Delta_н < T. \tag{4}$$

Погрешности наладки часто составляют (0,5…0,75) поля допуска на выдерживаемый размер. Например, в соответствии с [1] средние допустимые погрешности наладки и лезвийных инструментов для выдерживаемого размера до 30 мм составляют: черновая обработка – 40…100 мкм; чистовая обработка – 10 мкм; тонкая обработка – 5 мкм; однократная обработка – 20 мкм.

В [3] показано, что наладка считается удовлетворительной, если соблюдается условие:

$$\Delta_н \leq 3\sigma. \tag{5}$$

Уменьшение случайных погрешностей требует значительных изменений в технологической системе (точность исходных заготовок, жесткость элементов технологической системы, инструменты со стабильными физико-механическими свойствами, стабилизация усилий зажима заготовок на позициях обработки и т.п.). А это значит, что уменьшение случайных погрешностей находится в компетенции высшего руководства организации. Это также вытекает из общеизвестного положения о необходимости «вовлечь высшее руководство» в управление качеством в соответствии со стандартами серии ИСО 9000.

Успешно работающие производственные организации всегда стремятся повысить точность обеспечения заданного среднего значения любого параметра изделия и уменьшить его разброс. Это позволяет одновременно уменьшить затраты и полнее удовлетворить технические требования.

Вместе с тем задаваемые техническими условиями допуски должны быть реалистичными, соответствовать служебным требованиям к конструкции изделия и не быть необоснованно узкими. Обычно потеря точности изделий с механическими кинематическими связями обусловлена износом деталей. С потерей точности деталей ухудшаются эксплуатационные показатели изделий, что также является причиной преждевременного вывода их из использования.

При производстве машин обычно используют только часть установленного допуска. Другая часть допуска составляет необходимый запас точности. Говоря другими словами, надежность обеспечения требуемой точности параметров изделия (по размерам, массе, мощности, твердости и т.д.) характеризуется запасом точности изготовления ψ данной операции, который определяется по формуле:

$$\psi = \frac{T}{\omega}. \tag{6}$$

При ψ=1,1…1,2 процесс обработки считается надежным [1, 2] для большинства законов распределения исследуемых параметров (размеров деталей, твердости заготовок, параметров шероховатости обработанной поверхности, массы деталей и т.п.). На наш взгляд, такой запас точности явно недостаточен в современном машиностроении. Практически вся техническая литература ориентирует производителей на то, чтобы $T \geq 6\sigma$ с учетом запаса точности, т.е. производители машиностроительной продукции в своей практической деятельности руководствовались правилом «шести сигм» (при ψ=1,1…1,2).

При $T=6\sigma$ из всей партии деталей, обработанных данным методом, только 0,27 % выходит за пределы установленного допуска (надежность составляет 99,73 %). И это при условии совмещения центра группирования кривой распределения с серединой поля допуска. А если такого совмещения нет, то может ли запас точности ψ=1,1…1,2 обеспечить условие работы без брака или нет? А какова при этом надежность технологического процесса?

Кривая, изображающая плотность вероятности, для закона нормального распределения (рис. 1) определяется уравнением

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \tag{7}$$

где y – плотность распределения нормального закона; a и σ – параметры распределения; x – аргумент функции плотности вероятности; e – основание натурального логарифма

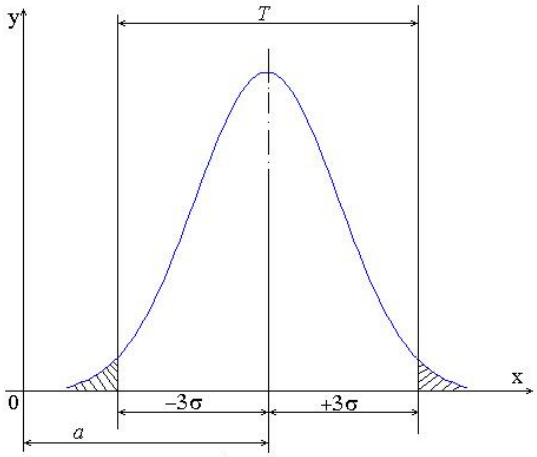


Рис. 1. Кривая плотности вероятности по закону Гаусса
(центр группирования размеров совпадает с серединой поля допуска)

При совпадении центра группирования с началом отсчета величины X, т.е. при X=*a*=0, уравнение кривой нормального распределения будет иметь вид:

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}. \quad (8)$$

Обычно для выражения случайной величины x в долях ее σ принимается как $\frac{x}{\sigma} = z$, откуда можно написать dx=σdz. В этом случае абсцисса будет выражена в долях σ.

Если принять за пределы интегрирования O и Z, то интеграл выражения (8) будет функцией Z, т.е.

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz. \quad (9)$$

Заметим, что Φ(0)=0; Φ(–Z)= –Φ(Z); Φ(–∞)=–0,5; Φ(+∞)=0,5.

Предположим, что по результатам изготовления партии деталей определили σ и a_1. Кривая 1, соответствующая этим параметрам, представлена на рис. 2. Кривые 2 и 3 соответствуют распределению параметров партий деталей, изготовленных при наладках на тот же параметр a_1, но в одном случае $\Delta_н$=–1,5σ, в другом – $\Delta_н$=+1,5σ (т.е. погрешность наладки принимает предельные значения).

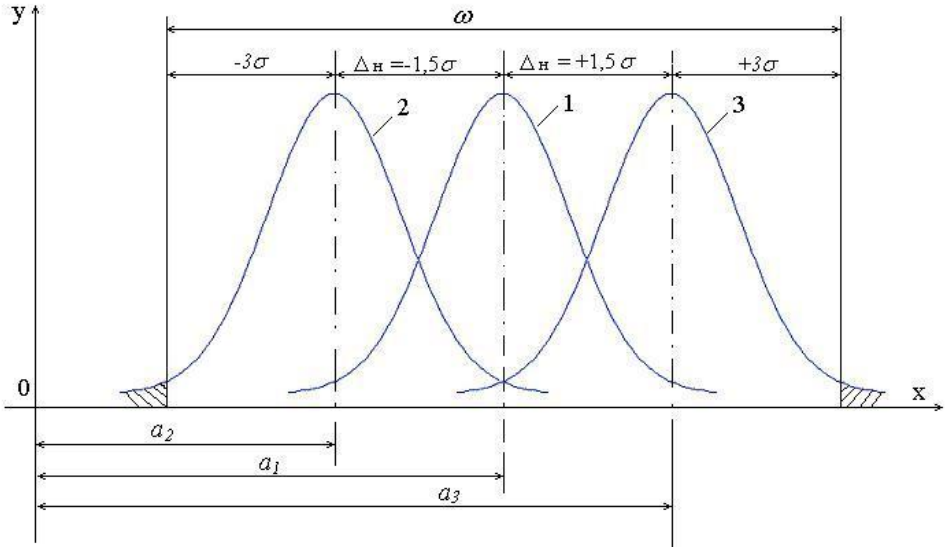


Рис. 2. Кривые плотности вероятности по закону Гаусса ($\Delta_н$ – погрешность наладки)

Фактическое поле рассеяния размеров деталей с учетом (4) может определяться как

$$\omega = 6\sigma + \Delta_{сист} = 6\sigma + \Delta_н = 6\sigma + 3\sigma = 9\sigma. \quad (10)$$

При T=ω за пределами допуска на выдерживаемый параметр оказывается 0,27 % деталей (надежность 99,73 %) что считается вполне приемлемым. Однако надежность машины определяется надежностью сотен и тысяч деталей с многочисленными параметрами.

Рассмотрим пример. Определить относительное количество плунжеров трехплунжерного насоса для перекачки нефтепродуктов, которые могут иметь погрешность размеров, выходящую за пределы допуска.

Размер плунжера – $\varnothing 50_{-0,068}$, обеспечивается тонким точением; наладка производилась на середину поля допуска; величина опытного (эмпирического) среднего квадратического отклонения S=0,012 мм.

Исходя из условия примера определяем

$$z_{1,2} = \pm \frac{0,034}{0,012} = \pm 2,83 \cdot$$

Относительное количество деталей N (в процентах) в партии, имеющих погрешность, выходящую за пределы $z_1\sigma$ и $z_2\sigma$, можно определить по формуле:

$$N = 100 - [\Phi(Z_2) - \Phi(Z_1)] \cdot 100. \quad (11)$$

Тогда N=100–[0,4977–(–0,4977)]·100=0,46 %.

За пределами ±3σ оказывается 0,46 % деталей при условии, что центр группирования размеров совпадает с наладочным размером.

При несовпадении (смещении) наладочного размера с центром группирования размеров на величину 1,5σ на ту или иную сторону брак может оказаться значительно больше (рис. 3)

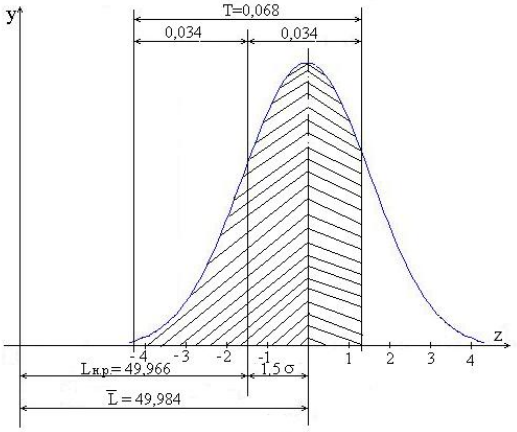


Рис. 3. Графическое представление результатов наладки технологической системы и обработки плунжеров на размер $\varnothing 50_{-0,068}$ мм; $L_{н.р}$ – наладочный размер; $\overline{L}$ – среднее арифметическое размеров; Т – допуск на размер $\varnothing 50_{-0,068}$ мм

За пределами верхнего отклонения оказывается 9,18 % деталей (исправимый брак, который исправляется шлифованием).

Следует отметить, что контроль сам по себе не может быть безошибочным. Всегда существует опасность годные детали отнести к бракованным и наоборот, особенно в тех случаях, когда на контроль предъявляются детали с параметрами на пределе допуска (риск потребителя или производителя).

Например, количество деталей с размерами, выходящими за границы допуска, обнаруживаемых среди годных, по СТ СЭВ 303-76 допускается до 5 % для квалитетов JT2…JT7, до 4 % для квалитетов JT8 и JT9 и до 3 % для квалитета JT10 и грубее. Такое допущение трудно объяснить с позиции потребителя – и оно неприемлемо, на наш взгляд, для организаций, успешно работающих в конкурентной среде.

Надежность изделия определяется не только надежностью одной детали по одному параметру. Например, в насосе имеется свыше двух десятков сложных деталей со 195 параметрами (точность размеров, геометрическая точность формы поверхностей, шероховатость обработанной поверхности и т.д.), непосредственно влияющие на его эксплуатационные характеристики (производительность, напор, потребляемая мощность, утечки перекачиваемых нефтепродуктов и т.д.).

Безусловно, не все параметры изготовленных деталей оказывают одинаковое влияние на эксплуатационные характеристики изделия. Для объективной оценки степени влияния каждого параметра на эксплуатационную надежность изделия необходимо определить количественные (весовые) показатели по каждому параметру. Кроме того, эксплуатационные характеристики изделия в значительной мере зависят от качества его сборки.

Если принять надежность деталей 0,9973 по каждому параметру, то надежность насоса будет $0,9973^{195}=0,59$, – она явно недостаточна, и она не может удовлетворить потребителя.

При Т=9σ за пределами допуска оказываются 0,135 % +0,0003 %=0,1353 % деталей. Общая надежность насоса повысится до 0,768, что также недостаточно.

При Т=10σ надежность повысится до 0,96.

Управление технологическим процессом, ориентированное на то, чтобы он не сбивался в результате детерминированных погрешностей за пределы ±3σ, может оказаться вполне приемлемым для одной детали с одним контролируемым параметром.

Однако для изделий, собранных из множества деталей, или технологического процесса, состоящего из большого количества операций, запас точности ψ=1,1…1,2 явно недостаточен.

Для того, чтобы сократить уровень отказов до одной детали на миллион, необходимо улучшить управляемость процессом настолько, чтобы отклонения, указанные в технических условиях, укладывались в ±6σ. Японцам удалось добиться этого благодаря своей философии «бесконечного улучшения», или «кейзен» [3].

Компания «Motorola», выпускающая компоненты электронных и полупроводниковых устройств и коммуникационных систем, в своей практической деятельности руководствуется тем, что истинного удовлетворения потребителей можно добиться в том случае, если ее изделия доставляются потребителю в обещанный срок, не имеют брака, не выходят из строя на ранних этапах срока службы и не требуют больших затрат в эксплуатации и обслуживании. Компания ввела жесткие технические требования на проектирование, узкие диапазоны допусков изготовления и обеспечивает высокий уровень возможностей (потенциала) производственных процессов. Другими словами, диапазон нормативных допусков в любой части продукта должен быть равен ±6 средних квадратических отклонений процесса [4].

Выводы

1. Практически вся отечественная техническая литература ориентирует технологов-машиностроителей в своей практической деятельности для оценки допустимых погрешностей руководствоваться правилом $\pm 3\sigma$ с запасом точности $\psi=1{,}1\ldots1{,}2$.

2. Условия работы без брака $T \geq \omega$ необходимо обеспечить не за счет расширения допуска T, а за счет уменьшения разброса ω параметров технологических процессов, что находится в компетенции высшего руководства организации (стандарты серии ИСО 9000).

3. Отечественным машиностроителям следует ориентироваться на опыт (нормы) работы эффективно работающих компаний (Япония, США и др.) – общепризнанных мировых лидеров в области управления качеством, руководствующихся в своей практической деятельности правилом $\pm 6\sigma$. Ориентиры должны быть высокими, труднодостижимыми, но реальными.

Библиография

1. Маталин А.А. Технология машиностроения: учеб. для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

2. Кован В.М. и др. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / под ред. В.С. Корсакова. – М.: Машиностроение, 1977. – 416 с.

3. Управление качеством: Т. 1. Основы обеспечения качества / под общей ред. В.Н. Азарова. – М.: МГИЭМ, 1999. – 326 с.

4. Слак Найджел, Чеймберс Стюарт, Джонстон Роберт. Организация, планирование и проектирование производства. Операционный менеджмент: пер. с 5-го английского изд. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 790 с.

УДК 539.3: 519.6

КОЛЕБАНИЯ ТЯЖЁЛОЙ СТРУНЫ ПРИ ВЫНУЖДЕННЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ ОТ ПОПЕРЕЧНОЙ НАГРУЗКИ

Исламова О.В.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

Islamova_81@mail.ru

Рассматриваются колебания однородной тяжёлой струны, подвешенной на верхнем и свободной на нижнем конце. Источником колебаний является распределенная поперечная нагрузка. С использованием методов разделения переменных, конечных разностей и прогонки определены амплитуды и вероятностные характеристики вынужденных колебаний. Выполнены численные расчеты, подтверждающие достоверность полученных результатов.

Ключевые слова: тяжелая струна, вынужденные колебания, амплитуда.

THE FLUCTUATIONS OF THE HEAVY STRINGS WITH THE FORCED VIBRATIONS OF A TRANSVERSE LOAD

Islamova O.V.

Kabardino-Balkarian State University of H.M. Berbekov

Vibration of homogeneous heavy string, hanging on upper and free on lower point is considered. Vibrations source – cross distributed load. Witch the help of finite difference and variation methods the probability properties are defined. The numerical examples about dynamic of heavy string are presented. These results sustain a theory.

Key words: heavy string, the forced oscillation amplitude.

Классическая задача о колебаниях струны хорошо изучена [1, 2]. Задача о тяжёлой струне изучена слабо (в частности, в [3]), хотя представляет большой прикладной интерес. В статье, в отличие от опубликованных работ, в математической модели колебаний учтены силы вязкого сопротивления, почти всегда имеющие место в прикладных задачах. Кроме того, вместо весьма громоздких аналитических методов предлагается метод конечных разностей, дающий результаты, почти совпадающие с известными.

Задача о свободных колебаниях тяжёлой струны подробно рассмотрена в работе [4]. Получены спектры собственных частот и форм методами конечных разностей и покоординатного спуска.

Вынужденные гармонические колебания. Задача о колебаниях струны от поперечной нагрузки описывается в виде:

$$\ddot{v}_1 + \varepsilon\dot{v}_1 - g v_1' - g x v_1'' = \mathrm{e}^{\mathrm{j}\Omega_1 \mathrm{t}}, \quad \mathrm{x} \in (0, l), \quad \mathrm{t} > -\infty, \tag{1}$$

$$\ddot{v}_1(0,\, t) + \varepsilon\dot{v}_1(0,t) - g v_1'(0,t) = e^{j\Omega_1 t}, \qquad \mathrm{v1}(l,\, \mathrm{t}) = 0, \tag{2}$$

где ε – коэффициент линейного вязкого трения, g – ускорение свободного падения, $v_1(x, t)$ – функция перемещения струны в поперечном направлении, $j\Omega_1$ – частота возмущения.

Примем её решение как произведение

$$v_1(x, t) = H_1(x, j\Omega_1)\ \mathrm{e}^{\mathrm{j}\Omega_1 \mathrm{t}}, \tag{3}$$

где $H(x, j\Omega_1)$ – передаточная функция. Подстановка (3) в (1), (2) даёт краевую задачу относительно передаточной функции:

$$\Lambda H_1 - H_1' - x H_1'' = \frac{1}{g}, \quad \Lambda = [(j\Omega_1)^2 + 2\varepsilon(j\Omega_1)]/g,$$

$$H_1(0,\ j\Omega_1)[(j\Omega_1)^2 + \varepsilon(j\Omega_1)] - g H_1'(0,\ j\Omega_1) = 1, \qquad H_1(l,\ j\Omega_1) = 0. \tag{4}$$

Решим задачу численно с помощью метода конечных разностей. С этой целью производную в (4) заменим конечноразностной производной и придём к неоднородной системе линейных алгебраических уравнений

$$\mathbf{B}\mathbf{y} = \mathbf{d}, \tag{5}$$

где $\mathbf{d}^{\mathrm{T}} = \left\{ \frac{2h}{g}, -\frac{1}{g}, \ldots, -\frac{1}{g}, 0 \right\}$, **B** – квадратная матрица порядка n, аналогичная полученной для свободных колебаний при замене λ на $j\Omega_1$.

В развёрнутой форме система уравнений имеет вид:

$$\xi y_1 - 4y_2 + y_3 = \frac{2h}{g},\ a_i\, y_{i-1} - c_i\, y_i + b_i\, y_{i+1} = -\frac{1}{g},\quad i = 2, 3, \ldots, n-1,\quad y_n = 0. \tag{6}$$

Задачу (6) решаем методом прогонки, для чего после элементарных преобразований сводим первое граничное условие к виду:

$$y_1 = \alpha_2 y_2 + \beta_2,$$

где

$$\alpha_2 = \frac{4b_2 - c_2}{\xi b_2 - a_2}, \qquad \beta_2 = \frac{2hb_2 + 1}{g\xi b_2 - a_2}.$$

Прогоночные коэффициенты находятся по формулам:

$$\alpha_{i+1} = \frac{b_i}{c_i - \alpha_i a_i}, \qquad \beta_{i+1} = \frac{a_i\beta_i + 1}{c_i - \alpha_i a_i}, \qquad i = 2,\ 3, \ldots,\ n-1.$$

Пример 1. Рассмотрим струну с параметрами:

$$l=1 \text{ м};\ \varepsilon = 0{,}1\ c^{-1},\ d=3 \text{ мм},\ a_q = 0{,}01\ \text{Н/ м}^2.$$

Применение методов конечных разностей и покоординатного спуска дало коэффициент затухания $\mu = 0{,}05\ c^{-1}$ и первые три элемента спектра собственных частот:

$$\Omega = \{\omega_1,\ \omega_2,\ \omega_3\} = \{3{,}781;\ 8,\ 719;\ 13{,}723\}\ \ c^{-1}.$$

Изучим зависимость амплитуды колебаний A(x) от частоты возмущений. С этой целью построена серия кривых, изображённых на рис. 1. Номера линий соответствуют следующим частотам:

$\Omega_1 = 0$ (прямая 1) c^{-1}; 2 (кривая 2) c^{-1}; 2,5(3) c^{-1}; 8(4) c^{-1}; 13,3 (5) c^{-1}.

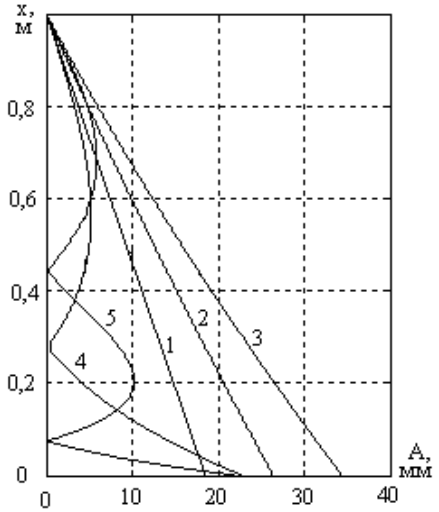


Рис. 1

Из графика видно, что при возрастании частоты возмущений значение амплитуды возрастает. При превышении первой собственной частоты появляется многоволновость.

Вынужденные случайные колебания. Задача о случайных колебаниях от поперечной нагрузки имеет вид:

$$\ddot{u} + \varepsilon\dot{u} - gu' - gxu'' = f_1(t),\quad f_1(t) = q(t)/m,\ t > -\infty, \tag{7}$$

$$(x, t) \in Q \equiv [\,(x, t): x \in L \equiv (0, l),\ t \in R^1\,],$$

$$\ddot{u}(0, t) + \varepsilon\dot{u}(0, t) - gu'(0, t) = f_1(t),\qquad u(l, t) = 0,\qquad t > -\infty, \tag{8}$$

где $f_1(t)$ – центрированный стационарный случайный процесс поперечной нагрузки. Его спектральная плотность $S_f(\omega)$ задана. Необходимо найти спектральную плотность и дисперсию выходного стационарного случайного поля $u(x, t)$.

Для определения спектральной плотности воспользуемся передаточной функцией $H_1(x, j\Omega_1)$, ранее найденной для гармонических колебаний. Тогда искомая спектральная плотность случайного процесса выписывается легко:

$$S_u(x, \omega) = H_1(x, j\omega)H_1^*(x, j\omega)s_f(\omega). \quad (9)$$

Здесь фиксированное значение частоты детерминистических возмущений Ω в $H_i(x, j\Omega)$ заменено непрерывной величиной $\omega \in R^1$, звёздочка в верхнем индексе означает переход к комплексно-сопряжённой величине.

Дисперсии определим по формуле:

$$D_u(x) = 2\int_0^\infty S_u(x,\omega)d\omega. \quad (10)$$

Пример 2. Для выполнения вычислений возьмём струну, которая имеет параметры:

l = 1 м, d = 3 мм, ε = 0,1 c^{-1}.

Пусть возмущение верхнего конца будет процессом со скрытой периодичностью. Тогда

$$S_f = \frac{2\alpha\theta^2\rho_{ik}\sigma_f^2}{\pi[(\omega^2-\theta^2)^2+4\alpha^2\omega^2]}, \quad \theta^2 = \alpha^2+\beta^2.$$

Здесь α и β – параметры широкополосности и характерной частоты σ_f – среднеквадратические отклонения процесса f(t). Такая модель позволяет искусственно сделать случайные возмущения сколь угодно близкими к гармоническим. Вообще же, детерминистическую задачу можно рассматривать как частный случай стохастической задачи. Детерминистическая задача в этом случае становится тестовой, т.е. решения стохастической и детерминистической задач должны быть близкими (или даже совпадать).

Выберем характеристики входного случайного процесса по указанным соображениям. Среднеквадратические отклонения возмущений возьмём равными действительным амплитудам гармонических возмущений в примере 1:

y_f = 1 Н/$м^2$.

Характерные частоты примем совпадающими с частотами гармонических возмущений:

β= 0(прямая 1) c^{-1}; 3,1(кривая 2) c^{-1}; 3,4(3) c^{-1}; 7,5(4) c^{-1}; 12,7 (5) c^{-1}.

Номера кривых здесь указаны по рис. 2, где представлены результаты вычисления среднеквадратического отклонения перемещений y_u. Параметр широкополосности возьмём небольшими α = 0,01 c^{-1}.

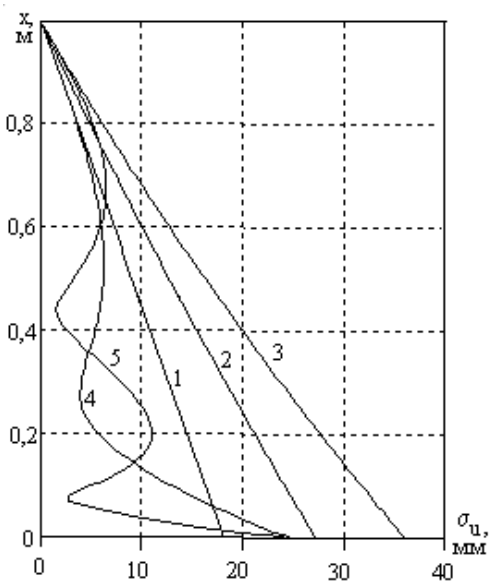


Рис. 2

Из-за малого значения параметра широкополосности случайные колебания близки к гармоническим колебаниям. Видно, что кривые близки к соответствующим кривым рис. 1.

Библиография

1. Араманович И.Г., Левин В.И. Уравнения математической физики. – Изд. 2-е. – М.: Наука, глав. ред. физико-матем. лит., 1969. – 288 с.

2.Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1972. – 735 с.

3. Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Уравнения в частных производных математической физики. – М.: Высшая школа, 1970. – 712 с.

4. Культербаев Х.П., Исламова О.В. Численное моделирование колебаний тяжёлой струны. Математическое моделирование и краевые задачи. Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2006. – С. 8–17.

Авторский указатель Т. II., 2012 г.

А

Абрегова А.Р., см. Залиханова З.М.
Аверченков А.В., Симуни А.Е.
Применение кинематической стратегии обработки при автоматизации разработки управляющих программ многофункциональных станков с ЧПУ — № 4, с. 21–23
Аверченков А.В., Терехов М.В., Филиппова Л.Б.
Решение задач автоматизации ТПП предприятий в региональных инновационных центрах при университетах, созданных при поддержке института конструкторско-технологической информатики ран — № 4, с. 18–20
Адамокова М.Н., Кучмезова Ф.Ю.
Совместное электровосстановление ионов вольфрама и кремния в ионных расплавах — № 3, с. 5–8
Адамокова М.Н., см. Кушхов Х.Б.
Адер Омар, см. Асланов А.Д.
Азаматова Г.К., см. Зумакулов Б.М.
Аккиева С.И., см. Маремшаова И.И.
Аккиева С.И., см. Маремшаова И.И.
Алакаев А.А.
Деятельность нальчикской окружной комиссии по делам о выборах в государственную думу в 1906–1907 гг. — № 3, с. 55–58
Алакаева З.Т., Кожаева З.Т., Мамхегов Р.М., Борукаев Т.А., Лигидов М.Х., Микитаев А.К.
Исследование свойств блок-сополимеров на основе полибутилентерефталата — № 1, с. 29–31
Аликаев Р.С., см. Журтова А.З.
Алимурадов А.К., Тычков А.Ю.
Интеллектуальная обработка речевых сигналов в системах автоматического управления — № 4, с. 66–67
Амшоков Х.Х.
Педагогическая практика в системе профессиональной подготовки студентов — № 3, с. 65–67
Ашнокова Л.М., см. Шевлоков В.А.
Апажев М.Л.
О русской лексикографии и ее роли в зарождении, становлении и развитии словарно-энциклопедического дела на Северном Кавказе — № 3, с. 92–94
Апажева С.С., см. Кучуков М.М.
Арамисова Р.М., см. Борукаев И.З.
Артемов И.И., Дьячков Ю.А.
Метод формирования свойств технических систем в средах автоматизированного проектирования и управления производством — № 4, с. 13–15
Асланов А.Д., Мизиев И.А., Жигунов А.К., Захохов Р.М., Адер Омар, Батов А.З., Куготов А.Х.
Новые подходы в лечении синдрома диабетической стопы — № 1, с. 47–49
Атаев П.Л., см. Батыров У.Д.
Ашибокова О.Х., Шаваева В.А., Узденова З.Х., Шогенова Ф.М.
Эффективность гормонотерапии и таргетных медикаментозных средств при патологии эндометрия — № 3, с. 118–119
Ашнокова Л.М., Лолаев Т.П., Хараев Ф.А., Унежев К.Х., Эфендиев Ф.С.
Идея глобального эволюционизма и проблема происхождения жизни — № 2, с. 70–71
Ашнокова Л.М., см. Крайнюченко И.В.
Ашхамахова А.А., см. Хубиев Б.Б.

Б

Базиев З.М., см. Мизиев И.А.
Баков Х.И., Бакова З.Х.
К вопросу о поэтике Л. Агноко № 2, с. 85–86
Бакова З.Х., см. Биттирова Т.Ш.
Бакова З.Х., см. Баков Х.И.
Бакова З.Х., см. Тетуев Б.И.
Бакши Н.А.
Особенности развития антологий в Швейцарии послевоенного периода (1945–1955) № 3, с. 73–77
Балаева М.О., см. Квашин В.А.
Балин Н.И., см. Коробка В.Л.
Балкаров Б.Б., Шахбазов М.Дж. с. 56–58
Оценка состояний техногенных систем с помощью анализа их графов № 4,
Балова И.М., Куготова М.С. Презентация слова в русских и карачаево-балкарских паремиях № 1, с. 81–84
Баразбиев М.И.
Брачные контакты представителей высших сословий тюркских народов Северного Кавказа с кабардинцами в XIX–начале XX вв. № 1, с. 53–55
Батов А.З., см. Асланов А.Д.
Батырбекова Л.М., см. Курданова М.Х.
Батыров У.Д., Атаев П.Л., Хапачев Б.С.
Надежность технологических процессов – важный показатель качества продукции машиностроения № 4, с. 105–109
Батыров У.Д., Яхутлов М.М. с. 29–31
Модернизация инженерного образования – важнейшее условие перехода машиностроения на инновационные технологии № 4,
Батыров У.Д., см. Яхутлов М.М.
Башиева С.К., Шогенова М.Ч., Дохова З.Р., Безрокова М.Б. Социальный статус как фактор формирования языковой личности № 3, с. 78–82
Бгажноков Б.Х., см. Бетрозов Р.Ж.
Беева Д.А., см. Козлов Г.В.
Бегидова Н.М., см. Тлапшоков М.Х.
Бекмешов А.Ю., Колесникова Е.М.
Конструкторско-технологическая параметризация в решении задач автоматизированного проектирования № 4, с. 24–25
Бекмешов А.Ю., см. Карлова Т.В.
Безрокова М.Б., см. Башиева С.К.
Бесланеев И.А., см. курданова М.Х.
Бетрозов Р.Ж., Бгажноков Б.Х.
К вопросу о формировании кабардинского этноса № 2, с. 48–52
Бижева З.Х.
Адыгская игровая парадигма: лингвокультурологический аспект № 3, с. 97–98
Бижоев Б.Ч.
Экспрессивная окраска слов в поэзии А.А. Шогенцукова № 3, с. 83–85
Биттирова Т.Ш., Бакова З.Х.
Дефтеры как компонент исламской культуры балкарцев и карачаевцев № 2, с. 59–58
Битохова М.А., см. Кушхов Х.Б.
Богданова Э.Н., Лолаев Т.П., Крайнюченко И.В., Унежев К.Х., Эфендиев Ф.С.
Цели человечества и права человека № 2, с. 95–96
Богданова Э.Н., см. Крайнюченко И.В.
Богданова Э.Н., см. Шевлоков В.А.
Большаков О.А., Рыбаков А.В., Шурпо А.Н.
Применение технологии автоматного программирования для задач логического управления на ПЛК Siemens № 4, с. 51–54
Борова А.Р.
Хронотопическая модель интимной лирики А. Кешокова № 2, с. 87–88
Борова А.Р., Кучукова З.А.
Традиции неоромантической школы в кабардино-балкарской прозе № 1, с. 102–103

Борукаев И.З., Уметов М.А., Хараева З.Ф., Арамисова Р.М., Хутуева С.Х. № 1, с. 36–38
Клеточная кардиомиопластика – новейший метод лечения инфаркта миокарда
Борукаев Т.А., см. Алакаева З.Т.
Бубликов Ю.И., Верещака А.А., Верещака А.С.
Нанодисперсные многослойно-композиционные покрытия для режущих инструментов № 4, с. 84–89
Буянова Л.Ю.
Вербально-семиотический модуль «рынок» как доминанта русской финансово-экономической картины мира № 3, с. 86–88

В

Воронова О.В.
Патоморфологические изменения плаценты при гестозах № 3, с. 27–30
Верещака А.А., см. Бубликов Ю.И.
Верещака А.С., см. Бубликов Ю.И.
Виндижева А.С., см. Хаширова С.Ю.

Г

Гагиева Л.Ч., см. Фарниева К.Х.
Гаделев А.М., см. Кабак И.С.
Гаиева Р.Р., Хаширова С.Ю., Карамурзов Б.С., Кушхов Х.Б., Кармоков А.М., Данилова-Волковская Г.М., Оранова Т.И. Разработка огнестойких композиций на основе полибутилентерефталата № 2, с. 9–11
Гашаева Ф.А., см. Квашин В.А.
Гашаева Ф.А., см. Мусаев Ю.И.
Гейдаров Э., см. Кабак И.С.
Гугова М.Х., Текуева М.А., Нальчикова Е.Х. № 2, с. 42–44
Женское лицо в зеркале войны
Гукепшоков М.Х., Дышеков М.В., Цолоев Т.С.
Исторические формы национально-государственного устройства № 2, с. 53–55

Д

Дадашев А.А., см. Кучуков М.М.
Дадашев А.А., см. Эфендиев С.И.
Данилова-Волковская Г.М., см. Гаиева Р.Р.
Данилова-Волковская Г.М., см. Хаширова С.Ю.
Дзамихов К.Ф., Киржинова Ф.А.
Научное наследие Павла Львовича Юдина и его общественная деятельность в Терской области в 1910–1917 гг. № 1, с. 56–59
Дзамихов К.Ф., Мальбахов Б.К. № 2, с. 99–101
К вопросу о традиционном социально-политическом порядке феодальной Кабарды
Дзармотова З.И., Плиева А.М. № 3, с. 14–16
Зараженность синантропных птиц горной и равнинной части Республики Ингушетия гельминтами
Дзуганов А.В.
Мониторинг институциональных изменений аграрной политики россии № 3, с. 114–115
Додуева А.Т.
Семантическое поле пространственности в карачаево-балкарском языке № 3, с. 99–100
Досько С.И., см. Тлибеков А.Х.
Дохова З.Р., Чепракова Т.А.
Гендерные стереотипы поведения в современном мультипликационном нарративе (грамматический уровень) № 3, с. 111–113
Дохова З.Р., см. Башиева С.К.
Дышеков А.А.
Матричный аналог нестандартного обобщенного варианта динамической теории рентгеновской дифракции № 1, с. 5–10
Дышеков М.В., см. Гукепшоков М.Х.
Дьячков Ю.А., см. Артемов И.И.

Е

Евдокимов С.А., Краснов А.А.
Параметрические прототипы чертежей и 3D-моделей № 4, с. 43–46
Егорова О.С.
Вопросы управления экологической безопасностью промышленных предприятий на основе автоматизированной системы обработки данных № 4, с. 26–28
Егорова О.С., см. Карлова Т.В.
Емузова Л.З.
Формирование и развитие эверзионных котлов на горных реках № 1, с. 17–21

Ж

Жабоева Е.А., см. Тетуев Б.И.
Жетишев Р.А., см. Мамбетова А.М.
Жетишев Р.А., см. Ульбашева А.С.
Жетишева И.С., см. Ульбашева А.С.
Жигунов А.К., см. Асланов А.Д.
Журтова А.З., Аликаев Р.С.
Способы категоризации гетеростереотипных представлений в американском языковом сознании № 3, с. 68–72

З

Залиханова З.М., Узденова З.Х., Шогенова Ф.М., Абрегова А.Р.
Магнитолазерная терапия в профилактике гнойно-воспалительных заболеваний у родильниц после операции вакуум-экстракции плода № 3, с. 116–117
Залиханова З.М., см. Шогенова Ф.М.
Запольская А.Н.
Влияние инфокоммуникаций на коммерциализацию научно-технических разработок № 4, с. 97–100
Запольская А.Н., см. Карлова Т.В.
Захохов Р.М., см. Асланов А.Д.
Зумакулов Б.М., Азаматова Г.К.
Исторические корни возникновения и развития института выборов и выборности у народов Кабарды и Балкарии № 1, с. 60–63

И

Исламова О.В.
Колебания тяжёлой струны при вынужденных возмущениях от поперечной нагрузки № 4, с. 110–113

К

Кабак И.С., Суханова Н.В.
О моделировании и оценке надежности сложных программных комплексов № 4, с. 74–76
Кабак И.С., Суханова Н.В., Гаделев А.М.
Применение нейронных сетей при диагностике состояния режущего инструмента № 4, с. 77–79
Кабак И.С., Суханова Н.В., Гейдаров Э.
Оценка защищенности программного обеспечения с помощью интеллектуальных методов № 4, с. 80–83
Кабак И.С., см. Соломенцев Ю.М.
Кагазежев Б.С., см. Маремшаова И.И.
Камбачокова З.А.
Динамика плазменного фибронектина у больных генитальным герпесом № 3, с. 21–23
Карамурзов Б.С., см. Гаиева Р.Р.
Карамурзов Б.С., см. Хаширова С.Ю.
Карамурзов Б.С., см. Яхутлов М.М.

Карданова А.К. Номинативное поле коммуникативной категории «общение» (на материале кабардино-черкесского, русского и английского языков) № 1, с. 75–80
Карданова М.Р., см. Яхутлов М.М.
Карлова Т.В., Бекмешов А.Ю., Егорова О.С., Запольская А.Н. Социодинамический анализ подготовки профессионального ресурса наукоёмких производств № 4, с. 93–96
Карлова Т.В., Кузнецова Н.М. Автоматизированная система разграничения доступа к конфиденциальной информации с модулем контроля на основе усовершенствованного криптоаналитического метода «грубой силы» № 4, с. 90–92
Кармоков Х.М., Широбокова В.А. Об оценке эффективности механизмов межбюджетного регулирования № 3, с. 42–46
Кармоков А.М., см. Гаиева Р.Р.
Кармоков А.М., см. Хаширова С.Ю.
Квашин В.А., Кожемова К.Р., Гашаева Ф.А., Балаева М.О., Миляева З.Р., Мусаев Ю.И., Мусаева Э.Б. Синтез и свойства новых полиформальоксиматов № 2, с. 102–104
Квашин В.А., см. Мусаев Ю.И.
Керимов М.Б., см. Теммоева Л.А.
Кетенчиев М.Б. Функционально-семантический потенциал обращений в поэзии к. Мечиева № 3, с. 101–103
Кильберг-Шахзадова Н.В., Хубиев Б.Б. Ценностная парадигма в исследовании семьи № 2, с. 72–73
Кильберг-Шахзадова Н.В., см. Хубиев Б.Б.
Киржинова Ф.А., см. Дзамихов К.Ф.
Кожаева З.Т., см. Алакаева З.Т.
Кожемова К.Р., см. Квашин В.А.
Кожемова К.Р., см. Мусаев Ю.И.
Козлов Г.В., Беева Д.А., Микитаев А.К. Фрактальный анализ синтеза разветвленных полимеров: полигидроксиэфир № 1, с. 27–28
Коков Дж.Н., Кокова Л.Дж. Семантический ряд и этимология онима № 3, с. 104–105
Кокова Л.Дж., см. Коков Дж.Н.
Колесникова Е.М., см. Бекмешов А.Ю.
Коркина Л.Г., см. Михальчик Е.В.
Коробка В.Л., Балин Н.И. Реконструктивные операции у больных местнораспространенными формами колоректального рака с использованием компрессионно-лигатурных методов формирования соустья № 3, с. 31–35
Кочесоков Р.Х., см. Кучуков М.М.
Кравцов С.В. Применение имитационного моделирования в качестве инструмента управления производственной мощностью технологического комплекса № 4, с. 63–65
Кравцова А.А., см. Мамбетова А.М.
Крайнюченко И.В., Богданова Э.Н., Ашнокова Л.М., Унежев К.Х., Эфендиев Ф.С. Фантом свободы № 2, с. 97–98
Крайнюченко И.В., см. Богданова Э.Н.
Краснов А.А., см. Евдокимов С.А.
Ксенофонтов А.С., см. Хакулов В.А.
Куготов А.Х., см. Асланов А.Д.
Куготова М.С., см. Балова И.М.
Кудрявцев А.А. Северокавказское общество в Отечественной войне 1812 года № 3, с. 52–54
Кузнецова Н.М., см. Карлова Т.В.
Кузьмицкая Е.Ф., см. Михальчик Е.В.
Куликов М.Ю., Рыгин Р.Е. Достижение высокой точности при хонинговании отверстий в труднообрабатываемых сплавах комплексным способом № 4, с. 16–17

Куликов М.Ю., Флоров А.В., Сан Маун
Разработка математической модели тепловых полей и тепловых деформаций в материале при резании — № 4, с. 40–42
Курданова М.Х., Бесланеев И.А., Батырбекова Л.М., Курданов Х.А.
Метаболизм L-аргинина у больных артериальной гипертонией в условиях высокогорья — № 2, с. 28–30
Курданов Х.А., см. Курданова М.Х.
Кучмезова Ф.Ю., см. Адамокова М.Н.
Кучмезова Ф.Ю., см. Кушхов Х.Б.
Кучуков М.М., Дадашев А.А.
Межнациональный консенсус как предпосылка сохранения целостности России — № 2, с. 82–84
Кучуков М.М., Кочесоков Р.Х., Апажева С.С.
Агрессивность как феномен кризисного социума — № 2, с. 74–75
Кучуков М.М., см. Эфендиев С.И.
Кучукова З.А., см. Борова А.Р.
Кушхов Х.Б., Адамокова М.Н., Кучмезова Ф.Ю., Битохова М.А.
Электрохимический синтез нанопорошков полукарбида вольфрама — № 3, с. 9–13
Кушхов Х.Б., см. Гаиева Р.Р.

Л

Леднев О.Б., см. Мусаев Ю.И.
Лигидов М.Х., см. Алакаева З.Т.
Лолаев Т.П., см. Ашнокова Л.М.
Лолаев Т.П., см. Богданова Э.Н.
Лолаев Т.П., см. Шевлоков В.А.
Лю Цзои, см. Тлибеков А.Х.

М

Майрансаева З.К.
Тенденции развития трудового воспитания школьников: сравнительный анализ советской и российской систем — № 1, с. 97–99
Малкондуев Х.Х.
Творческая история «Песни о Крымшамхаловых» — № 2, с. 59–61
Мальбахов Б.К., см. Дзамихов К.Ф.
Мамбетова А.М., Жетишев Р.А., Кравцова А.А.
Механизмы прогрессирования вторичных осложнений у детей с врожденными пороками развития органов мочевой системы на фоне дисплазии соединительной ткани — № 2, с. 14–18
Мамхегов Р.М., см. Алакаева З.Т.
Маремукова Э.В., см. Таов Х.Т.
Маремукова Э.В., см. Таов Х.Т.
Маремшаова И.И., Аккиева С.И.
Этапы формирования поликультурного пространства Северного Кавказа — № 1, с. 64–66
Маремшаова И.И., Аккиева С.И., Кагазежев Б.С.
Границы этнокультурного общения и этническое сознание — № 2, с. 37–39
Махова З.Р., см. Шогенова Ф.М.
Мендохова И.М., Шевлоков В.А.
Сложные самоорганизующиеся системы как объект философской рефлексии — № 2, с. 76–78
Мизиев И.А., Созаева С.Р., Шомахова Б.Ю., Тутуков А.Б., Базиев З.М.
Эндоскопическая диагностика и лечение острых повреждений легких в интенсивной терапии — № 1, с. 32–35
Мизиев И.А., см. Асланов А.Д.

Микитаев А.К., см. Алакаева З.Т.
Микитаев А.К., см. Козлов Г.В.
Миляева З.Р., см. Квашин В.А.
Михайленко О.И. № 1, с. 93–96
Психолого-акмеологическая сущность развития
педагогического мышления будущих учителей
Михальчик Е.В., Хараева З.Ф., Коркина Л.Г.,
Назранов Б.М., Кузьмицкая Е.Ф.
Изучение биологического действия комплекса антиоксидантных № 3, с. 24–26
витаминов и аминокислот при асептическом перитоните у крыс
Муков М.Б., см. Мукова Л.А.
Мукова Л.А., Шишина Р.Н., Муков М.Б.
Особенности состояния кроветворения № 1, с. 39–43
у больных раком молочной железы разных возрастных групп
Мусаев Ю.И., Мусаева Э.Б., Квашин В.А.,
Гашаева Ф.А., Леднев О.Б., Кожемова К.Р.
Новые ароматические полимеры карбо- и гетероциклического № 2, с. 12–13
строения и их композиты с полиалкилентерефталатами
Мусаев Ю.И., см. Квашин В.А.
Мусаева Э.Б., см. Квашин В.А.
Мусаева Э.Б., см. Мусаев Ю.И.
Мусов И.В., см. Хаширова С.Ю.
Мусукаев А.И., Смыр Г.В.
О научном труде Ф.И. Леонтовича «Адаты кавказских горцев» (1882) № 2, с. 40–41
Мусукаев А.И., Текуева М.А.
Этнография адыгской свадьбы: приоритет женского духовного начала № 1, с. 67–69
Мусукаева А.Х., Толгуров З.Х.
О национально-эстетической основе прозы Алима Кешокова № 2, с. 89–90

Н

Назранов Б.М., см. Михальчик Е.В.
Нальчикова Е.Х., см. Гугова М.Х.
Никулин С.В. с. 68–70
Повышение качества регулирования веса бумажного полотна № 4,
на бумагоделательной машине
Насипов А.Ж., см. Петросян В.Г.

О

Оранова Т.И., см. Гаиева Р.Р.
Оранова Т.И., см. Хаширова С.Ю.

П

Петросян В.Г., Насипов А.Ж. № 3, с. 59–64
Задачи на создание имитационных компьютерных моделей
технологических систем
Плиева А.М., см. Дзармотова З.И.
Пшикова О.В., см. Темботова И.И.

Р

Реут М.В., Рыбаков А.В., Шурпо А.Н.
Использование метода критической цепи при управлении № 4, с. 47–50
проектом автоматизации и интеграции предприятия
Рыбаков А.В., см. Большаков О.А.
Рыбаков А.В., см. Реут М.В.
Рыгин Р.Е., см. Куликов М.Ю.

С

Сабанчиев З.М.
Повышение эффективности использования универсальных № 3, с. 36–37
гидравлических экскаваторов
Сан Маун, см. Куликов М.Ю.
Сапаев Х.Х., см. Хаширова С.Ю.

Симуни А.Е. см. Аверченков А.В.
Смыр Г.В., см. Мусукаев А.И.
Созаева С.Р., см. Мизиев И.А.
Соломенцев Ю.М.
Моделирование технологической среды производительных систем № 4, с. 9–12
Соломенцев Ю.М., Шептунов С.А., Кабак И.С., Суханова Н.В.
Повышение быстродействия суперкомпьютера за счет оптимизации информационного межпроцессорного трафика № 4, с. 71–73
Суровцев М.Р.
Теоретические и практические аспекты влияния отрицательно заряженных ионов атмосферного кислорода на состояние облачности № 1, с. 11–16
Суровцев М.Р.
Оценка влияния избыточного количества осадков на урожайность сельхозкультур № 3, с. 38–41
Суханова Н.В., см. Кабак И.С.
Суханова Н.В., см. Кабак И.С.
Суханова Н.В., см. Кабак И.С.
Суханова Н.В., см. Соломенцев Ю.М.
Сыцевич Н.Ф., см. Хакулов В.А.

Т

Табишев Т.А., см. Шебзухов А.А. № 1, с. 85–92
Таов Х.Т., Маремукова Э.В.
Диахронный анализ свистяще-шипящих звуков в адыгских языках № 3, с. 95–96
Таов Х.Т., Маремукова Э.В.
История шипящих звуков в адыгских языках № 3, с. 106–107
Текуева М.А., см. Гугова М.Х.,
Текуева М.А., см. Мусукаев А.И.
Темботова И.И., Пшикова О.В., Шаов М.Т.
Изменение частоты сердечных сокращений и ее флуктуаций под влиянием облепихи крушиновидной № 3, с. 17–20
Теммоева Л.А., Теммоев Д.Ч., Тхагапсоева Ж.А., Керимов М.Б.
Психосоматические заболевания у детей № 2, с. 25–27
Теммоев Д.Ч., см. Теммоева Л.А.
Терехов М.В., см. Аверченков А.В.
Тетуев Б.И., Бакова З.Х.
Этнопоэтические символы в балкарской художественной традиции № 2, с. 91–92
Тетуев Б.И., Жабоева Е.А.
Мифологема «конь» в постнартском эпосе (на материале карачаево-балкарской исторической песни) № 2, с. 62–63
Тетуев Б.И., см. Хакуашев А.Х.
Тетуев М.Б. № 3, с. 47–51
Базовые аспекты рентного регулирования молочного производства
Ткаченко Л.А., см. Хакулов В.А.
Тлапшоков М.Х., Чудопал С.М., Тлапшокова Л.Б., Бегидова Н.М., Хутуева С.Х.
Течение и исходы геморрагического инсульта у лиц молодого возраста № 1, с. 50–52
Тлапшокова Л.Б., см. Тлапшоков М.Х.
Тлибеков А.Х., Лю Цзои, Досько С.И.
Многокритериальные и мультимодальные задачи оптимизации при проектировании № 4, с. 36–39
Тлупова Т.Г.
Динамика остроты зрения при изменении освещенности тестов у больных с атрофией зрительного нерва № 3, с. 89–91
Толгуров З.Х.
Универсальные идеи и национальная литература № 2, с. 64–65
Толгуров З.Х., см. Мусукаева А.Х.
Тхагапсоева Ж.А., см. Теммоева Л.А.
Тычков А.Ю., см. Алимурадов А.К.
Тутуков А.Б., см. Мизиев И.А.

У

Узденова З.Х., см. Ашибокова О.Х.
Узденова З.Х., см. Залиханова З.М.
Узденова З.Х., см. Шогенова Ф.М.
Ульбашева А.С., Жетишев Р.А., Жетишева И.С.
Физическое развитие и состояние тиреоидной системы при отсутствии йодной профилактики в анте- и постнатальном периодах у детей раннего возраста — № 2, с. 31–36
Уметов М.А., см. Борукаев И.З.
Унежев К.Х., см. Ашнокова Л.М.
Унежев К.Х., см. Богданова Э.Н.
Унежев К.Х., см. Крайнюченко И.В.

Ф

Фарниева К.Х., Гагиева Л.Ч.
Аминокислотный состав эхинацеи пурпурной в зависимости от фазы растений — № 1, с. 100–101
Филиппова Л.Б., см. Аверченков А.В.
Флоров А.В., см. Куликов М.Ю.

Х

Хакуашев А.Х., Тетуев Б.И.
Художественные традиции Пушкина и поэзия Али Шогенцукова — № 2, с. 66–67
Хакуашев А.Х., Хакуашева М.А.
Традиции кабардинского фольклора и роман А. Шогенцукова «Камбот и Ляца» — № 2, с. 93–94
Хакуашева М.А., см. Хакуашев А.Х.
Хакулов В.А., Хакулов В.В., Сыцевич Н.Ф., Ксенофонтов А.С., Ткаченко Л.А.
Аппаратно-программный комплекс формирования потока руды по крупности — № 4, с. 59–62
Хакулов В.В., см. Хакулов В.А.
Хапачев Б.С., см. Батыров У.Д.
Хараев Ф.А., см. Ашнокова Л.М.
Хараев Ф.А., см. Шевлоков В.А.
Хараева Л.Х.
Этимологическое гнездо в свете теории семантического поля — № 1, с. 70–74
Хараева З.Ф., см. Борукаев И.З.
Хараева З.Ф., см. Михальчик Е.В.
Хаширова С.Ю., Сапаев Х.Х., Мусов И.В., Виндижева А.С., Кармоков А.М., Карамурзов Б.С., Данилова-Волковская Г.М., Оранова Т.И.
Поливинилхлоридный пластикат с повышенной пожаробезопасностью — № 2, с. 5–8
Хаширова С.Ю., см. Гаиева Р.Р.
Хубиев Б.Б., Кильберг-Шахзадова Н.В., Ашхамахова А.А.
Диалектика права и правосознания в самоорганизующемся гражданском обществе — № 2, с. 79–81
Хубиев Б.Б., см. Кильберг-Шахзадова Н.В.
Хутуева С.Х., см. Борукаев И.З.
Хутуева С.Х., см. Тлапшоков М.Х.

Ц

Цолоев Т.С., см. Гукепшоков М.Х.

Ч

Чепракова Т.А., см. Дохова З.Р.
Чудопал С.М., см. Тлапшоков М.Х.

Ш

Шаваева В.А., см. Ашибокова О.Х.
Шаов М.Т., см. Темботова И.И.
Шахбазов М.Дж., см. Балкаров Б.Б.
Шебзухов А.А., Табишев Т.А., Шебзухова М.А.
Технология компьютерного тестирования студентов Кабардино-Балкарского государственного университета — № 1, с. 85–92
Шебзухова М.А., см. Шебзухов А.А.
Шевлоков В.А., см. Мендохова И.М.
Шевлоков В.А., Ашнокова Л.М., Лолаев Т.П., Богданова Э.Н., Хараев Ф.А.
Этногенез: синергетическое измерение — № 1, с. 106–108
Шептунов С.А.
Конструкторско-технологическая информатика – научный фундамент модернизации России — № 4, с. 6–8
Шептунов С.А.
Конструкторско-технологическая информатика как эффективный инструмент для развития роботохирургии — № 4, с. 101–104
Шептунов С.А., см. Соломенцев Ю.М.
Широбокова В.А., см. Кармоков Х.М.
Шишина Р.Н., см. Мукова Л.А.
Шогенов А.Г., Эльгаров А.Б., Шогенова А.А., Эльгаров А.А.
Эффективность вторичной профилактики ишемической болезни сердца с артериальной гипертонией у сотрудников правоохранительных органов — № 1, с. 44–46
Шогенова А.А., см. Шогенов А.Г.
Шогенова М.Ч., см. Башиева С.К.
Шогенова Ф.М., Узденова З.Х., Махова З.Р., Залиханова З.М.
Влияние физиологических родов и абдоминального родоразрешения на физическое и половое развитие детей — № 2, с. 19–24
Шогенова Ф.М., см. Ашибокова О.Х.
Шогенова Ф.М., см. Залиханова З.М.
Шомахова Б.Ю., см. Мизиев И.А.
Шурпо А.Н., см. Большаков О.А.
Шурпо А.Н., см. Реут М.В.

Щ

Щербань Г.Е.
Анафорико-катафорические доминантные свойства частицы *И ВОТ* — № 3, с. 108–110

Э

Эфендиев С.И., Дадашев А.А., Кучуков М.М.
Кавказ в современной геополитической «игре» — № 1, с. 104–105
Эфендиева Т.Е., Эфендиев Ф.С.
Современники о поэзии Керима Отарова — № 2, с. 68–69
Эфендиев Ф.С., см. Ашнокова Л.М.
Эфендиев Ф.С., см. Богданова Э.Н.
Эфендиев Ф.С., см. Крайнюченко И.В.
Эльгаров А.А., см. Шогенов А.Г.
Эльгаров А.Б., см. Шогенов А.Г.
Эфендиев Ф.С., см. Эфендиева Т.Е.

Я

Якубова И.И.
Северо-Западный Кавказ в российско-турецких отношениях в середине XVIII века — № 2, с. 45–47
Яхутлов М.М., Карамурзов Б.С., Батыров У.Д., Карданова М.Р.
Особенности математического моделирования алмазных инструментов — № 4, с. 32–35
Яхутлов М.М., см. Батыров У.Д.

Требования к оформлению научной статьи, представляемой в журнал «Известия Кабардино-Балкарского государственного университета»

Для публикации в журнале «Известия Кабардино-Балкарского государственного университета» принимаются статьи на русском или английском языках, содержащие результаты актуальных фундаментальных и прикладных исследований, передовых наукоемких технологий, научных и научно-методических работ.

1. Основные документы, необходимые для публикации

1.1. Один экземпляр статьи в бумажном виде и на электронном носителе отдельным файлом (на диске (дискете); на наклейке диска (дискеты) (обязательно!) указываются фамилия автора (авторов) и название статьи.

1.2. Полные сведения об авторе (авторах) на русском и английском языках в бумажном виде и в электронном варианте, оформленном отдельным от статьи файлом, который включает в себя следующие данные:

• фамилия, имя, отчество (полностью) каждого автора;

• место работы (наименование организации), ученая степень, ученое звание, должность каждого автора;

• контактные телефоны, почтовый индекс и адрес, адрес электронной почты (e-mail) каждого автора.

1.3. Сопроводительное письмо на бланке учреждения, где выполнена работа.

1.4. Внешняя рецензия доктора наук (по желанию).

1.5. Акт экспертизы о возможности опубликования в открытой печати – для физико - математических, химических, биологических, технических, экономических наук и науки о земле.

1.6. Справка об учебе в аспирантуре или докторантуре для аспирантов и докторантов;

1.7. «Лицензионный договор» (один на авторский коллектив) в 2-х экз. Без Договора статья не будет опубликована. Текст Договора размещен на сайте журнала «Известия КБГУ».

2. Правила оформления статьи

2.1. Объем статьи в пределах 15 страниц формата А4, интервал – 1,5, размер шрифта Times New Roman Cyr 14 пт; поля страницы: слева – 3 см, справа – 1 см, сверху – 2,0 см, снизу – 2,5 см.

Краткие сообщения в пределах 4 машинописных страниц, включающих не более 2 рисунков и 2 таблиц.

2.2. Статья должна включать:

• индекс УДК (универсальная десятичная классификация) в верхнем левом углу;

• название статьи (на русском и английском языках);

• фамилия, имя, отчество автора (авторов) (на русском и английском языках);

• реферат статьи (до 500 знаков) (на русском и английском языках);

• ключевые слова (5–7 слов на русском и английском языках);

• текст статьи, отражающий цель исследования, методы работы, собственно исследования, конкретные выводы;

• библиография (в библиографическом списке нумерация источников должна соответствовать очередности ссылок на них в тексте; номер источника в тексте указывается в квадратных скобках – автоматическая нумерация ссылок не допускается);

• подпись автора (авторов).

2.3. Иллюстрации к статье (рисунки, фотографии) должны быть черно-белыми, четкими (разрешением не менее 300 dpi, расширение *jpg.) и вставлены в текст. Обычный размер иллюстраций не более половины листа А4. Формулы и символы помещаются в текст с использованием редактора формул Microsoft Education. Таблицы вставляются в текст; ссылки на рисунки и таблицы обязательны; названия таблиц и подрисуночных подписей обязательны.

2.4. Нумерация страниц обязательна.

2.5. Тип файла в электронном виде – RTF.

Образцы оформления библиографии:

книга

Самарский А.А., Гулин А.В. Устойчивость разностных схем. М.: Наука, 1973. 210 с.

Интегральные схемы: Принципы конструирования и производства / под ред. А.А. Колосова. М.: Сов. радио, 1989. 280 с.

статья из книги, сборника, журнала

Петренко В.И., Доготь А.Я. Пневмогидравлический кавитационный процесс // Геодинамические основы прогнозирования нефтегазоносности недр: тезисы докладов 1-й Всесоюзной конференции. М., 1988. Ч. 3. С. 616–617.

Хлынов В.А. Общегосударственное планирование рыночной экономики: Опыт Японии // Экономист. 1994. № 4. С. 89–94.

Базаров А.Ж. О некоторых нелокальных краевых задачах для модельных уравнений второго порядка // Известия вузов. Математика. 1990. Т. 2, № 3. С. 11–15.

диссертации и авторефераты диссертации

Ерков С.А. Формирование художественного восприятия произведений изобразительного искусства на уроках изобразительного искусства в 5, 6 классах средней общеобразовательной школы: дис... канд. пед. наук. М., 2006. 184 с.

Вахромов Е.Е. Психологические особенности самоактуализации подростков с отклоняющимся поведением: автореф. дис… канд. психол. наук. М., 2003. 30 с.

При несоблюдении указанных правил редакция оставляет за собой право не публиковать статью.

3. Порядок рецензирования

3.1. Рукопись направляется на рецензирование ведущим специалистам в данной области (внешнее и внутреннее рецензирование).

3.2. Результаты рецензирования редакция сообщает автору по электронной почте.

3.2. По результатам рецензирования редколлегия принимает решение о целесообразности опубликования материала, о чем дополнительно сообщается автору.

Статьи представляются в редакционно-издательский отдел ИПЦ КБГУ.

Адрес ИПЦ КБГУ: 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

Контактный телефон: (8662) 72-23-13.

E-mail: rio@kbsu.ru, izvestia_kbsu@mail.ru. E-mail-адрес защищен от спам-ботов, для его просмотра у Вас должен быть включен Javascript.

Ответственный секретарь редакции – **Шогенова Марина Чашифовна.**

После положительного решения редколлегии о публикации статьи в журнале «Известия КБГУ» автор (или авторы) статьи перечисляет на р. сч. КБГУ плату из расчета 500 руб. (в т.ч. НДС) за страницу рукописи.

Назначение платежа: редакционно-издательские услуги («Известия КБГУ»), код дохода 07430201010010000130, разрешение № 0732069510 от 30.03.05 г. пункт 1. В стоимость входят расходы по доставке журнала по территории России. Автор (или авторы) статьи получает 2 экземпляра журнала бесплатно.

Для выкупа дополнительных номеров журнала необходимо передать в редакцию (ИПЦ КБГУ) письмо - заявку с указанием номера и количества экземпляров журнала и перечислить на р. сч. КБГУ плату из расчета 250 руб. (в т. ч. НДС) за один экземпляр журнала с назначением платежа: редакционно-издательские услуги (за журнал «Известия КБГУ»), код дохода 07430201010010000130, разрешение № 0732069510 от 30.03.05 г. пункт 1.

Реквизиты КБГУ для платежей:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова» (КБГУ)

Почтовый и юридический адрес:
360004, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, ул. Чернышевского,173
Телефон: 42-25-60,
Voice/fax: +7(495) 3379955
Телетайп: 257245 “Альфа”
E-mail: bsk@kbsu.ru
ОКПО 02069510
ОКОНХ 92110
ОГРН 1020700739234 от 22.07.11г.
ОКОГУ 13240
ОКАТО 83401000000
ОКЭВД 80.30.1
ОКОПФ 72
ОКФС 12
Банковские реквизиты:
Получатель:
ИНН 0711037537/ КПП 072501001
Отдел № 1 УФК по Кабардино-Балкарской Республике (0401 КБГУ л/с 20046Х17540)
Банк получателя:
ГРКЦ НБ Кабардино-Балкарск. Респ. Банка России г. Нальчика
БИК 048327001
Р/с 40501810100272000002
КБК 00000000000000000130

Копия платежного документа передается или высылается в редакцию журнала по электронной почте.

ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

PROCEEDING OF THE KABARDINO-BALKARIAN STATE UNIVERSITY

ТОМ II, № 4, 2012

Редакторы ***Л.З. Кулова, Т.П. Ханиева***
Компьютерная верстка ***Е.Л. Шериевой***
Корректор ***Е.А. Балова***

В печать 28.12.2012. Формат 60x84 $^{1}/_{8}$.
Печать трафаретная. Бумага офсетная. 13.02 усл.п.л. 13.0 уч.-изд.л.
Тираж 1000 экз. Заказ № 6844.
Кабардино-Балкарский государственный университет.
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.

Полиграфическое подразделение КБГУ.
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.