

Автоматизация и Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор
В.Л. Белоусов

**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ:**

Бучаченко А.Л.

Гусев А.А.

Дегтярев Ю.И.

Елисеев В.А.

Иванов А.П.

Мальцева С.В.

Нефедов Е.И.

Шебакин И.Ю.

(заместитель главного редактора)

РЕДАКЦИЯ:

Шебакин И.Ю. — зам. главного редактора

Гончарова Л.К. — научный редактор

Осипова В.Г. — научный редактор

Богус С.В. — секретарь

Адрес редакции:

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 748 0290,

E-mail: ast@mashin.ru; <http://www.mashin.ru>

3
2012

УЧРЕДИТЕЛИ:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ
ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ

Журнал зарегистрирован 9 апреля
1999 г. за № 018684 в Комитете
Российской Федерации по печати

Журнал входит в перечень
утверждённых ВАК РФ изданий
для публикации трудов соискателей
учёных степеней

ООО «Издательство Машиностроение»

Адрес издательства:

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 268 3858,

факс: (499) 269 4897

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Яковлева Е.Л., Сердобинцев С.П. Автоматизированная установка для термовакуумной обработки пищевых продуктов	3
Алексеев Н.С., Иванов С.В., Капорин В.А., Лосинская А.А., Разумаков А.А. Износ абразивных материалов в условиях больших контактных давлений	8
Емельянов К.А., Сотников Ю.К. Устройство автоматического выпаривания жидкого сельскохозяйственного сырья в вакууме	13

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Егоров А.Т. Подключение систем обработки вызовов к сети IMS	17
Клименко А.К. О способе ускорения сходимости процесса в одном из классов адаптивных систем	22
Садыков С.С., Сафиулова И.А., Белякова А.С. Автоматическая объективная оценка и выбор наиболее значимых параметров для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний	27

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Бетсис П., Толмачёва Т. Роль транснациональных корпораций в развитии региональной инновационной экономики	34
Лебедев А.В. Разработка операторов налогообложения в понятиях координатно-параметрического управления ...	39
Беляева Т.П., Затворницкий А.П. Постановка задачи планирования и её реализация для управления проектами современного предприятия микроэлектроники	43

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

По страницам журналов	48
-----------------------------	----

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Yakovleva E.L., Serdobintsev S.P. The automatic facility for foodstuff thermovacuum processing	3
Alexeev N.S., Ivanov S.V., Kaporin V.A., Losinskaya A.A., Razumakov A.A. Abrasive materials wear at the large contact pressure	8
Emelyanov K.A., Sotnikov Yu.K. Facility for automatic evaporation of liquid agricultural raw material in a vacuum	13

MODERN TECHNOLOGIES

Egorov A.T. Inquiry processing system connection to IMS network	17
Klimenko A.K. About a process convergence acceleration method in one of adaptive systems classes	22
Sadykov S.S., Safiulova I.A., Belyakova A.S. Automatic objective mark and choice of the most significant parameters for cardiovascular diseases diagnostics	27

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC ACTIVITIES

Betsis P., Tolmacheva T. Transnational corporations role in the regional innovative economy development	34
Lebedev A.V. Taxation operators development in coordinate-parametrical management concepts	39
Belyaeva T.P., Zatvornitskiy A.P. Planning task statement and its realization for management of the modern microelectronics enterprise projects	43

SURVEY OF PERIODICALS

Periodicals review	48
--------------------------	----

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу «Роспечать» — 70537, по каталогу «Пресса России» — 27838, по «Каталогу российской прессы «Почта России» — 60267) или непосредственно в издательстве по факсу (499) 269 4897, по e-mail realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок (499) 269 6600, 269 5298

Художественный редактор *Галицына Т.Н.*
Компьютерный набор *Путилов В.Н.*
Компьютерная верстка *Тугаринов А.А., Веремеев С.В.*

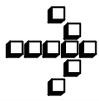
Сдано в набор 30.12.11. Подписано в печать 27.02.12.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч. изд. л. 6,9. Заказ 107. Цена свободная

Набрано в ФГБНУ «Научно-исследовательский институт — Республиканский исследовательский научно-консультационный центр экспертизы»
Москва, ул. Антонова-Овсеенко, 13. Тел.: (499) 795 1789

Отпечатано в ООО «Подольская Периодика»
142110, Московская обл., г. Подольск,
ул. Кирова, 15

Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Автоматизация и современные технологии» обязательна.
За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель

ООО «Издательство Машиностроение»,
«Автоматизация и современные технологии», 2011 г.



УДК 664.956(06)

Е.Л. Яковлева, С.П. Сердобинцев, д-р техн. наук, проф.
(Калининградский государственный технический университет)
arche5@mail.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ТЕРМОВАКУУМНОЙ ОБРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Предложена автономная малогабаритная установка, оборудованная микропроцессорной автоматикой, показаны возможности совершенствования энергетической эффективности её работы и приведены результаты сушки продуктов.

Ключевые слова: установка, автономная микропроцессорная автоматика, пищевые продукты, термовакуумная обработка, тепловой насос.

The autonomous small-sized facility equipped with microprocessor automatics is proposed, an energy efficiency improvement possibilities of facility function are shown and results of products drying results are adduced.

Key words: facility, autonomous microprocessor automatics, foodstuff, thermovacuum processing, heat pump.

В условиях рыночной экономики важно обеспечить конкурентные преимущества применяемой технологии и выпускаемой продукции. Вакуум, используемый для концентрирования, сушки, дезодорации, дистилляции и других технологических операций, продлевает сроки хранения, улучшает структурно-механические и органолептические свойства пищевых продуктов, повышает их безопасность и снижает затраты на транспортирование. Автономные установки, сравнимые по мощности с бытовыми холодильниками, позволят расширить использование термовакуумной обработки пищевых продуктов в индивидуальных хозяйствах.

Известная малогабаритная установка для концентрирования и сушки пищевых продуктов в вакууме [1] снабжена электрическим нагревателем и форвакуумным насосом для достижения необходимого разрежения.

Расчёты и экспериментальные данные показывают, что применительно к термовакуумной обработке продуктов биологического происхождения разность повышенной и пониженной температур находится в пределах 25 °С при температуре конденсатора водяных паров < 5 °С. Снижение удельных затрат энергии на испарение влаги и конденсацию паров воды в разрежённой среде достигнуто с помощью холодильной машины, а повышение эксплуатационной надёжности процесса вакуумирования — применением эжекторных насосов (ЭВН) [2 и 3], которые имеют высо-

кую эксплуатационную надёжность благодаря отсутствию подвижных частей, не загрязняют откачиваемый объём и обрабатываемый продукт парами масел.

Применяемая схема энергоснабжения установки позволяет кондуктивно подводить тепло к продукту.

Тепловые потоки, обеспечивающие поддержание температур поверхности обезвоживаемого продукта T_{Π} и теплообменника для конденсации паров влаги (ТКП) $T_{\text{к}}$ на заданных уровнях, регулируют выбором температур конденсации $T_{\text{к}}^{\text{ха}}$ и испарения $T_{\text{и}}^{\text{ха}}$ холодильного агента. Температура тепловой воды, подаваемой в теплообменник нагрева поверхности продукта, при необходимости понижается воздействием на клапан К1 (рис. 1), проходное сечение которого увеличивается с ростом температуры.

Оптимизация процесса сушки сводится к минимизации суммы отклонений температур:

$$\left[(T_{\text{к}}^{\text{ха}} - T_{\Pi}) + (T_{\text{и}}^{\text{ха}} - T_{\text{к}}) \right] \rightarrow \min$$

тепловых и гидравлических сопротивлений элементов тепловой цепи, обеспечивающей нагрев обезвоживаемого продукта и конденсацию паров влаги. Важным элементом этой цепи является термическое сопротивление контакта $R_{\text{к}}$ на границе раздела продукт — поверхность теплообменника (ТП) для нагрева продукта (П). Прижатие продукта к поверхности ТП уменьшает по моду-

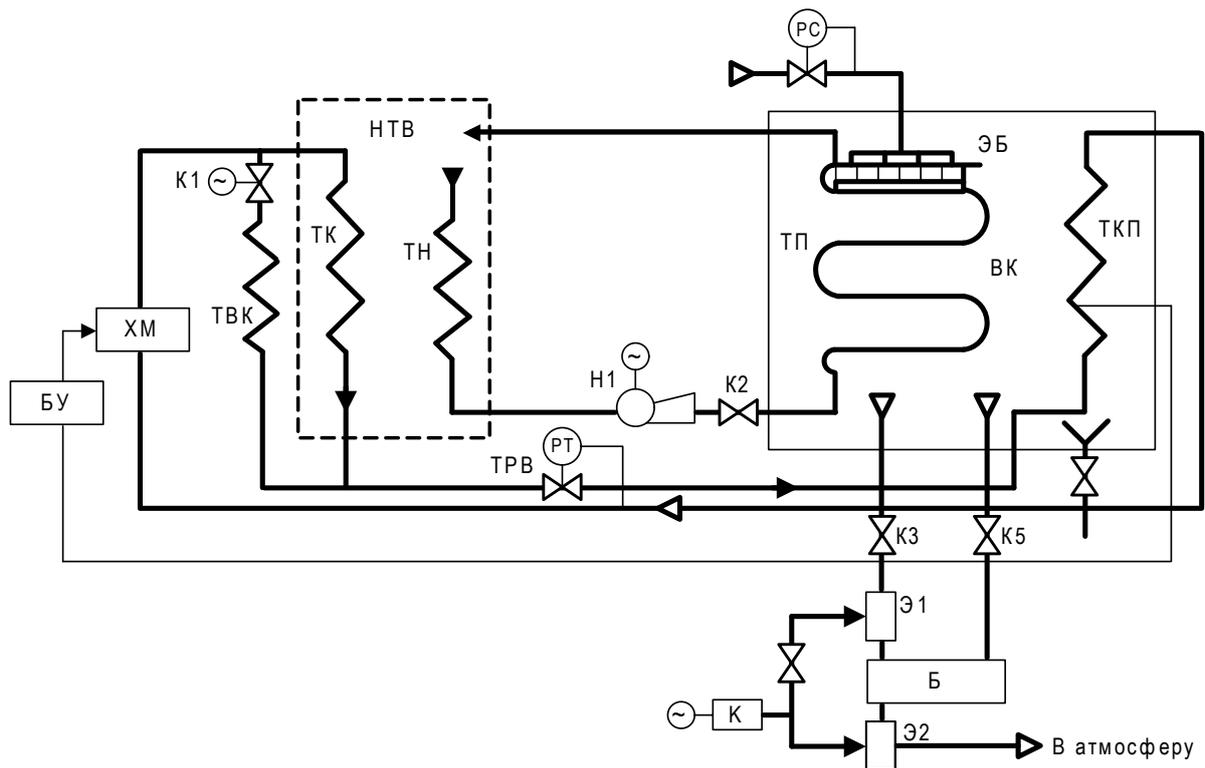


Рис. 1. Схема установки для термовакуумной обработки пищевых продуктов

лю и стабилизирует во времени термическое сопротивление контакта.

Анализ процессов сушки коллоидных капиллярно-пористых веществ при кондуктивном подводе энергии к продукту показывает, что вектор управляющих воздействий, влияющих на интенсивность обезвоживания, включает температуру поверхности ТП, давление в вакуумной камере, определяющее температуру фазовых превращений влаги; усилие, прижимающее ТП к продукту; обеспечение условий для эвакуации пара из продукта в атмосферу.

Установка (см. рис. 1) состоит из вакуумной камеры (ВК), холодильной машины (ХМ), эжекторных вакуумных насосов (Э1) и (Э2), бустера (Б), накопителя тёплой воды (НТВ), воздушного компрессора (К), насоса (Н1). Воздушный компрессор, компрессор холодильной машины и насос снабжены электроприводами. Установка оснащена запорно-регулирующими, контрольно-измерительными устройствами и блоком управления. Наличие НТВ улучшает качество регулирования температуры поверхности продукта.

В НТВ размещены теплообменники конденсации холодильного агента (ТК) и нагрева воды, подаваемой к продукту (ТН), выполненные по схеме «труба в трубе» и предназначенные для конденсации холодильного агента и нагрева воды, подаваемой в ТП в соответствии с регламентом

его обработки. Сток воды из ТП в НТВ и её забор в ТН осуществляются в различных частях накопителя. Применяемая схема позволяет увеличить коэффициент теплопередачи по сравнению с кожухотрубным теплообменником и использовать теплоёмкость элементов накопителя для сглаживания тепловой нагрузки холодильной машины.

Параллельно разрабатывалась и установка, в которой, кроме НТВ, использовался накопитель холодной воды (НХВ). Принцип построения НХВ подобен НТВ. В НХВ размещены теплообменники, предназначенные для охлаждения воды (ТО), поступающей в ТКП, и испарения (ТИ) холодильного агента.

Продукт, подлежащий обработке, укладывают в перфорированные или сетчатые поддоны, которые устанавливают на полки размером (0,5×0,6) м, выполненные из труб ТП, по которым прокачивается вода, поступающая из ТН. Каждая секция ТП состоит из параллельно расположенных труб с зазором 0,5 мм и диаметром 5 мм или труб квадратного сечения, подключённых к коллекторам для подвода и отвода тёплой воды. Принятая схема обеспечивает постоянный тепловой поток, подводимый к единице поверхности обезвоживаемого продукта.

Для упрощения загрузки, разгрузки и мойки полки можно поворачивать и перемещать по вы-

соте. Подвижность полок позволяет уплотнять все слои продукта, размещённые в противнях между теплообменниками, усилием, приложенным к верхнему теплообменнику. Для веществ с большой степенью усушки отношение толщины ε сдавленного высушенного слоя к толщине исходного продукта L_c выражается содержанием влаги в исходном веществе W_1 и в сухом продукте W_2 :

$$\frac{\varepsilon}{L_c} = \frac{100 - W_2}{100 - W_1}.$$

Уменьшение размера высушенного слоя ($\varepsilon \ll L_c$) увеличивает тепловой поток, поступающий в зону (фронт) интенсивного испарения влаги, и сокращает продолжительность сушки.

Необходимое усилие для сдавливания продукта обеспечивается регулятором (РС) давления воздуха, подаваемого в баллон, выполненного из эластичного материала (ЭБ). Экспериментально установлено, что прижатие секций теплообменников к слою продукта с давлением ~ 1 кПа увеличивает скорость обезвоживания (рис. 2). Кривые 1 и 2 характеризуют изменение массовой влажности слоя яблок начальной толщиной 10 и 20 мм при прижатии его к нагретой до 25°C алюминиевой пластине усилием ~ 1 кПа, кривая 3 – при свободной укладке пластин яблок толщиной 5 мм на пластину. Толщина высушенных яблок во всех трёх случаях составляла $1,7 \pm 0,5$ мм. Поджатие исключает коробление, улучшая товарный вид продукта, и является важной компонентой вектора управляющих воздействий, влияющих на интенсивность обезвоживания.

Результаты аналитических расчётов интенсивности потери массы продукта в процессе сушки удовлетворительно совпадают с экспериментальными данными, полученными при прижатии слоя продукта к поверхности теплообменника.

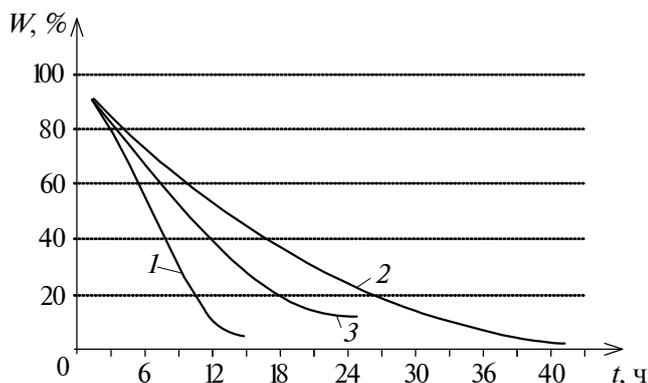


Рис. 2. Изменение массовой влажности яблок в процессе сушки

Кинетика процесса потери массы при сушке различных продуктов в вакууме представлена на рис. 3.

Непрерывными линиями показаны результаты отдельных экспериментов.

Области вариаций экспериментальных данных, полученных при обработке партий одного продукта, выделены тонкими линиями и заштрихованы.

При построении графиков начальная масса продукта принималась за 100 %. Давление в вакуумной камере поддерживалось на уровне $(2,3 \pm 0,3)$ кПа при температуре продукта $14\text{--}20^\circ\text{C}$. Основная масса влаги при сушке яблок выкипает при $14\text{--}18^\circ\text{C}$.

Рыба, направляемая в сушильную камеру, нарезалась полосками сечением 7×7 мм, а овощи и фрукты шинковались. Расчётная плотность загрузки рыбы $\sim 12 \text{ кг/м}^2$, овощей и фруктов $14\text{--}15 \text{ кг/м}^2$.

Достижимая величина вакуума и скорость откачки паровоздушной смеси в значительной степени определяют производительность установки и качество получаемой продукции. Результаты расчётов и моделирования с использованием па-

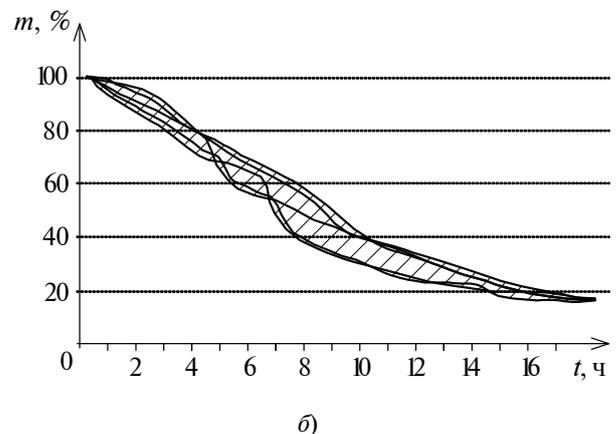
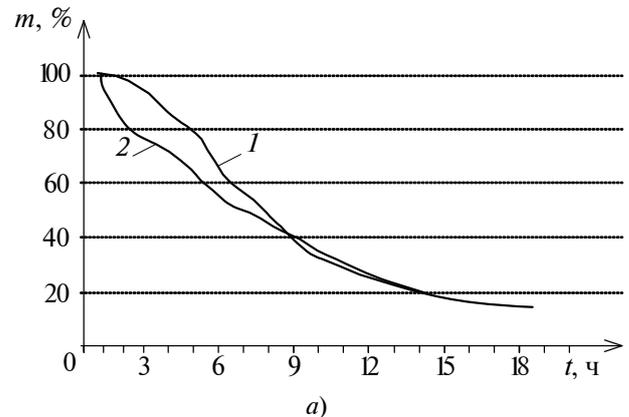


Рис. 3. Кинетика процесса потери массы продукта при вакуумной сушке:

а) – фрукты; б) – свёкла; 1 – груши; 2 – яблоки

кетов программ Solidworks и FlowVision показали целесообразность использования в установке для термовакуумной обработки двух эжекторов Э1 и Э2, питаемых от одного компрессора. Эжектор Э1 откачивает паровоздушную смесь из вакуумной камеры с обрабатываемым продуктом в промежуточную ёмкость (бустер). Смесь откачивается вторым эжектором Э2 (см. рис. 1). Принятая схема позволяет поддерживать давление в вакуумной камере от 1 до 30 кПа, что достаточно для реализации термовакуумной обработки пищевых продуктов при относительно низком давлении инжектирующего воздуха. Вычисления показали, что приемлемым решением для создания мобильной установки термовакуумной обработки пищевых продуктов являются режимы, при которых в вакуумной камере поддерживается давление ≤ 3 кПа, а в бустере ≈ 30 кПа. Для технологических процессов с давлением (10–30) кПа, например при приготовлении фарша из рыбы [4], достаточно использовать эжектор Э2, откачивающий при открытом клапане К6 паровоздушную смесь из ВК в атмосферу. Для питания эжекторов применяется компрессор ТС-501: потребляемая мощность 70 Вт, максимальное давление $5,5 \cdot 10^2$ кПа, производительность 20 л/мин, масса 3,7 кг.

Компрессор снабжён системой автоматики, включая регулятор давления.

Предварительно температура конденсатора паров влаги $T_{\text{ТКП}}$ выбиралась с учётом того, что скорость переноса пара с поверхности продукта к конденсатору пропорциональна разности давлений пара у поверхностей продукта и конденсатора, т. е. разности $P_{\text{п}} - P_{\text{ТКП}}$, а эффективность совмещённого термодинамического цикла определялась отношением суммы средних температур нагреваемой и охлаждаемой сред к их разности. С учётом сказанного выше разность температур $(T_{\text{п}} - T_{\text{ТКП}})$ предварительно выбиралась в пределах 20°C .

Приведённая оценка согласуется с рекомендациями [5], согласно которым разность температур между нагревателем и холодильником, ограничивающая область рационального применения технологических схем с тепловыми насосами в энергоёмких процессах, не должна превышать 30°C .

Идеальный коэффициент преобразования теплового насоса (ТН), используемого по прямому назначению, т. е. для передачи энергии от источника с пониженной температурой к приёмнику с повышенной, запишется в виде

$$\mu_{\text{T}} = \frac{T_{\text{п}} + \delta T_{\text{п}}}{T_{\text{п}} - T_{\text{ТКП}} + \delta T_{\text{п}} + \delta T_{\text{к}}},$$

$$\text{где } \delta T_{\text{п}} = T_{\text{к}}^{\text{ха}} - T_{\text{п}}; \delta T_{\text{к}} = T_{\text{ТКП}} - T_{\text{п}}^{\text{ха}}.$$

Высокая энергетическая и технико-экономическая эффективность использования ТН со сроком окупаемости 1–2,5 года обеспечивается при действительном коэффициенте преобразования $\mu_{\text{д}} = \eta_{\text{ТН}} \mu_{\text{T}} \geq 4,5$. Условие [6] выполняется, если коэффициент полезного действия ТН $\eta_{\text{ТН}} = 0,6$, а $T_{\text{к}} \leq 280\text{K}$, $T_{\text{п}} \leq 305\text{K}$, что практически исключает денатурационные процессы, например в рыбе.

Действительный коэффициент преобразования совмещённого цикла:

$$\mu_{\text{д}}^{\text{с}} = \eta_{\text{ТН}} \frac{T_{\text{п}} + T_{\text{ТКП}} + \delta T_{\text{п}} - \delta T_{\text{к}}}{T_{\text{п}} - T_{\text{ТКП}} + \delta T_{\text{п}} + \delta T_{\text{к}}}.$$

При $\delta T_{\text{п}} = \delta T_{\text{к}} = 8,5^\circ\text{C}$ $\mu_{\text{д}}^{\text{с}} = 8,4$, а при $\delta T_{\text{п}} = \delta T_{\text{к}} = 10^\circ\text{C}$ $\mu_{\text{д}}^{\text{с}} = 7,8$.

Из приведённого выражения следует, что повышение значения μ_{T} возможно за счёт совершенствования теплообменников и других элементов установки.

Увеличение коэффициента преобразования может быть достигнуто использованием испарителя холодильной машины для конденсации паров воды, т. е. в качестве ТКП. Для этого испаритель холодильной машины размещается в вакуумной камере на пути потока паровоздушной смеси, формируемого вакуумными насосами. Модернизация технологической схемы установки требует, кроме регулирования перегрева пара с помощью терморегулирующего вентиля (ТРВ), регулирование холодопроизводительности холодильной машины изменением частоты вращения вала компрессора, что позволит избежать намерзания влаги на поверхности испарителя.

Система управления установкой (рис. 4) построена по модульному принципу и отображает графическую, текстовую и цифровую информацию о технологическом процессе, позволяя оператору корректировать процесс вводом цифровой информации. При возникновении аварийных ситуаций включается звуковая сигнализация, и необходимая информация выводится на дисплей.

В состав системы управления входят логический контроллер для реализации управляющих функций на нижнем уровне и дополнительный операторский терминал управления технологическим оборудованием. В качестве средства визуализации систем автоматического управления используется LCD панель GRAF-SYTECO Тур AT 8200C1A52-A5B1FL.

В качестве логического контроллера применены платы ввода-вывода АСА 4.950.382 на базе Atmel FPSLIC AT94R10AL-25DQI. Для связи с другими узлами системы управления в платах пре-

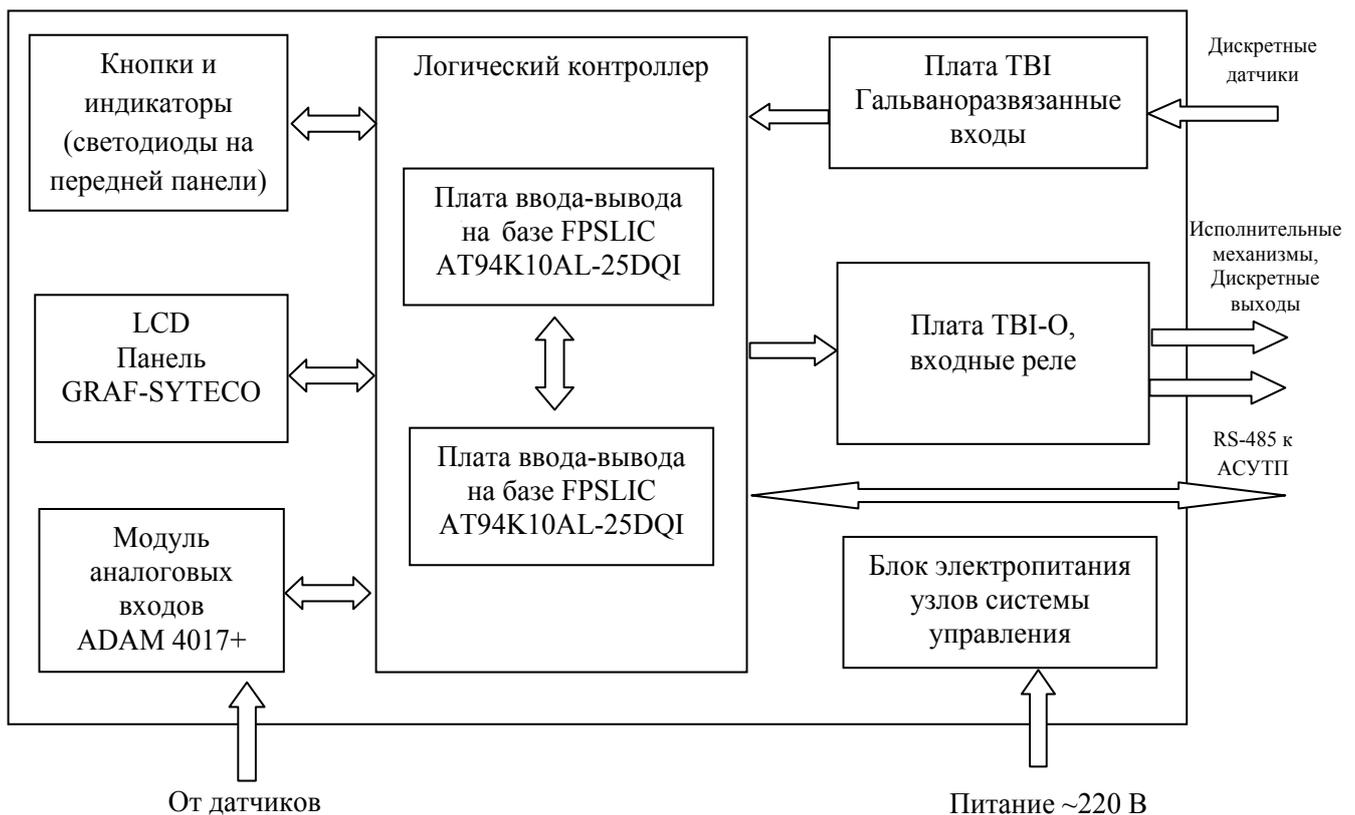


Рис. 4. Структурная схема системы управления установкой для термовакuumной обработки пищевых продуктов

дусмотрены интерфейсы: RS-232, RS-485 и SPI. В качестве преобразователей унифицированных токовых сигналов используются унифицированные модули Advantech Adam 4017+. Индикаторы и кнопки управления подключены к плате ввода-вывода. Для приёма сигналов от дискретных датчиков и управления исполнительными механизмами используются платы ТВИ фирмы «Fastwel» (США). Электропитание организовано с помощью импульсных преобразователей напряжения. Управляющая программа для контроллера написана на языке С.

Выбранные технические средства автоматизации удовлетворяют требованиям эксплуатации в условиях повышенных температур и влажности.

Для обеспечения мобильности системы технические средства САУ размещены в кейсе фирмы «PELI» (Китай) размером 525×437×217 мм, с защитой от внешних воздействий IP67.

Для подключения кабелей используются самозажимные пружинные клеммные колодки Wago, которые не требуют последующего технического обслуживания. В качестве дополнительного операторского терминала применяется IBM PC совместимый компьютер Pentium IV 1,8 МГц.

Программное обеспечение операторского терминала разработано в пакете С++ Builder.

Разработанную систему управления с изменением только программного обеспечения можно рекомендовать для других мобильных объектов управления с небольшой информационной ёмкостью.

Библиографические ссылки

1. Емельянов А.А., Долженков В.В., Емельянов К.А. Установка для концентрирования и сушки жидких пищевых продуктов в вакууме // Известия вузов. Пищевая технология. 2009. № 4. С. 84–86.
2. Сердобинцев С.П., Яковлева Е.Л. Автоматизированное устройство для вакуумной сушки пищевых продуктов // Патент России № 60692. 2007. Бюл. № 3.
3. Сердобинцев С.П., Яковлева Е.Л. Способ вакуумной сушки пищевых продуктов // Патент России № 2314469. 2008. Бюл. № 1.
4. Лебедев А.П., Вавилов П.В., Романюк В.В. Исследование влияния вакуума на качественные характеристики фаршевых смесей // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. № 9. С. 16–19.
5. Александров И.А. Применение тепловых насосов в процессах ректификации / Г.И. Ефремов, Е.В. Брюзганов // Энергосбережение и водоподготовка. 2007. № 7. С. 33–363.
6. Ильин А.К., Дувашов С.А. Техничко-экономическая эффективность тепловых процессов // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2006. № 6. С. 120–125.

УДК 621.922.02

Н.С. Алексеев, канд. техн. наук, доц.,

С.В. Иванов, В.А. Капорин (Рубцовский индустриальный институт, филиал Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова),

А.А. Лосинская, А.А. Разумаков (Новосибирский государственный технический университет)

tm@inst.rubtsovsk.ru

ИЗНОС АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ КОНТАКТНЫХ ДАВЛЕНИЙ

Приведены результаты испытаний на износостойкость единичных абразивных зёрен из электрокорундов и карбидов кремния при микрорезании плазменного покрытия и закалённой стали 45. В результате проведённых исследований установлены наиболее износостойкие абразивы при микрорезании указанных материалов. Электронно-микроскопические и микрорентгеноспектральные исследования рабочих поверхностей единичных зёрен позволили выявить физико-химические процессы в контакте абразив – металл, а также установить адгезионную активность исследованных абразивных материалов по отношению к плазменному покрытию.

Ключевые слова: плазменные покрытия, закалённая сталь, абразивные материалы, микрорезание, износостойкость, микрорельеф, риска.

Wear resistance test results of individual abrasive grains from electrocorundums and silicon carbides at microcutting of a plasma covering and the hardened steel 45 are adduced. The most wear-resistant abrasives at microcutting of the specified materials are established as a result of the carried out researches. Microelektronic and micro X-ray and spectral researches of individual grains working surfaces allowed to reveal of the physical and chemical processes in abrasive – metal contact, and to establish also of the investigated abrasive materials adhesive activity relative to a plasma coating.

Key words: plasma coating, hardened steel, abrasive materials, microcutting, wear-resistant, microrelief, mark.

Введение. К высокоэффективным технологиям восстановления и упрочнения изношенных деталей машин относятся различные способы нанесения износостойких микропористых покрытий и, в частности, плазменные покрытия на никелевой основе (далее – покрытия) [1, 2].

Для размерной обработки этих покрытий используются серийные шлифовальные круги, изготовленные из абразивных материалов различного химического состава и с различными физико-механическими свойствами. Однако обработка шлифованием этих покрытий сопровождается интенсивным механическим износом шлифовального круга и засаливанием его рабочей поверхности. Это приводит к существенному снижению качества шлифованных поверхностей и производительности обработки. В то же время финишная обработка покрытий без применения абразивного инструмента, как правило, неэффективна, а иногда и невозможна (например, обработка коренных и шатунных шеек коленчатых валов автотракторных двигателей).

Интенсивность износа и засаливания рабочей поверхности круга можно снизить, изготовив абразивные зёрна из материала, в наименьшей степени способного к физико-химическому взаимодействию с материалом покрытия [3]. С целью

разработки рекомендаций по выбору предпочтительных марок абразивных зёрен для шлифования микропористых покрытий были проведены исследования износа некоторых абразивных материалов. Исследования проводили при микрорезании, т. е. в условиях больших контактных давлений, соизмеримых с пределом прочности плазменного покрытия.

Эти исследования представляют практический интерес ещё и потому, что систематизированные рекомендации по выбору абразивных материалов для операций шлифования микропористых покрытий отсутствуют.

Методика исследования. Микрорезание выполняли на круглошлифовальном полуавтомате высокой точности 3М152МВФ2 с ЧПУ со скоростью 35 м/с, при продольной подаче стола 425 мм/мин и глубине резания 10 мкм. Для исследований применялись серийные абразивные зёрна зернистостью № 40.

Для проведения экспериментов абразивное зерно заделывали в специальную металлическую державку с помощью медной амальгамы. Державку закрепляли на стальном диске, установленном вместо шлифовального круга, на планшайбе станка. Металлическую державку с единичным зерном подвели до касания с образцом из обра-

батываемого материала. Затем задавали требуемую глубину резания, включали продольную подачу и на неподвижный образец наносили риски до износа зерна на величину, равную заданной глубине резания, вследствие чего обработка прекращалась.

Таким образом, испытание единичных зёрен на износ проводилось в условиях, приближенных к реальным условиям их эксплуатации при шлифовании. Это позволяет достаточно точно выделить физико-химические процессы в контакте абразив – покрытие.

Образцы из обрабатываемых материалов представляли собой валы диаметром около 75 мм и длиной рабочей части 300 мм. До начала проведения экспериментов валы устанавливались в центрах станка и подвергались шлифованию до шероховатости по параметру $Ra \leq 0,20$ мкм. При этом отклонения от круглости и цилиндричности поверхности вала не превышали 0,002 мм.

Микрорезанию подвергали также валы из закалённой стали 45 (далее – сталь 45) твёрдостью 39–42 HRC, резко отличающейся по своим химическим и физико-механическим свойствам от плазменных покрытий.

Исследования износа абразивов в условиях микрорезания выполняли без смазочно-охлаждающей жидкости, так как при этом особенно чётко выявляются свойства материалов, связанные с их сопротивлением износу.

Проведены сравнительные испытания износостойкости широко распространённых абразивных материалов: электрокорунда белого (далее – корунд) (24А) и карбида кремния зелёного (далее – карбид) (64С). Выбранные для исследований абразивы являются представителями двух типов материалов – оксидов (Al_2O_3) и карбидов (SiC).

Вследствие некоторой разницы геометрии абразивных зёрен и физико-механических свойств отдельных образцов наблюдался разброс опытных данных. Поэтому в проведённых исследованиях использовали среднеарифметическое значение двукратного испытания не менее десяти зёрен каждой исследуемой пробы.

В качестве обрабатываемого материала было принято плазменное покрытие. Данный вид покрытий широко распространён в последние годы как для восстановления изношенных деталей, так и для их упрочнения [1, 2]. Для получения такого покрытия в качестве присадочного материала использовался самофлюсующий сплав ПР-НХ17СР4 на никелевой основе, который обычно применяется при напылении плазменных покрытий.

В результате микрорентгеноспектрального анализа было установлено, что плазменное покрытие

из указанного порошка имело следующий химический состав, весовой %: Ni – 61,82; С – 14,92; Cr – 14,46; Si – 3,05; O – 3,03; Fe – 2,72. Твёрдость покрытия составляла 259 HV.

Металлографический и рентгеноструктурный анализы показали, что структура полученного покрытия – легированный твёрдый раствор и сложная эвтектика на никелевой основе с различными твёрдыми включениями в виде оксидов и карбидов.

Количественным показателем износостойкости различных абразивных зёрен была принята суммарная длина рисков, нанесённых на образце до износа зерна на величину глубины микрорезания (10 мкм), т. е. до прекращения обработки.

Определение износостойкости зёрен в каждом опыте производили по формуле

$$L = l_{cp} N = (l_0/2) N,$$

где L – износостойкость, м; l_0 – длина начальной риски, м; N – число нанесённых рисков до прекращения микрорезания.

При исследовании кинетики износа абразивов о величине износа острия судили по уменьшению глубины наносимых рисков в зависимости от пройденного в металле пути L :

$$U = h_0 - h_i = f(L),$$

где U – износ абразивного острия, мкм; h_0 – начальная глубина первой риски, мкм; h_i – глубина i -й риски ($i = 100, 200, 300$ и т. д.).

Глубину рисков измеряли на профилографе-профилометре АБРИС-ПМ07 путём обработки профилограмм измеренных поверхностей, увеличенных в 4 раза. Установлено, что уменьшение глубины риски численно равно величине износа абразива.

Замер износа абразивного острия после опыта производили на инструментальном микроскопе ИМЦЛ 100×50, А с точностью до 0,0001 мм. Этот же микроскоп применяли для наблюдения за режущей кромкой абразивного зерна в течение опыта.

Для качественной оценки явлений, сопровождающих износ, предусматривалось исследование состояния рабочих поверхностей зёрен в исходном состоянии, после нанесения определённого числа рисков и по окончании опыта.

Для изучения микрорельефа поверхностей абразива и металла после микрорезания применяли растровый электронный микроскоп (РЭМ) модели Carl Zeiss EVO50.

Изменения химического состава в контактных поверхностях абразивов и металлов толщиной 5–10 мкм определяли методом микрорентгено-

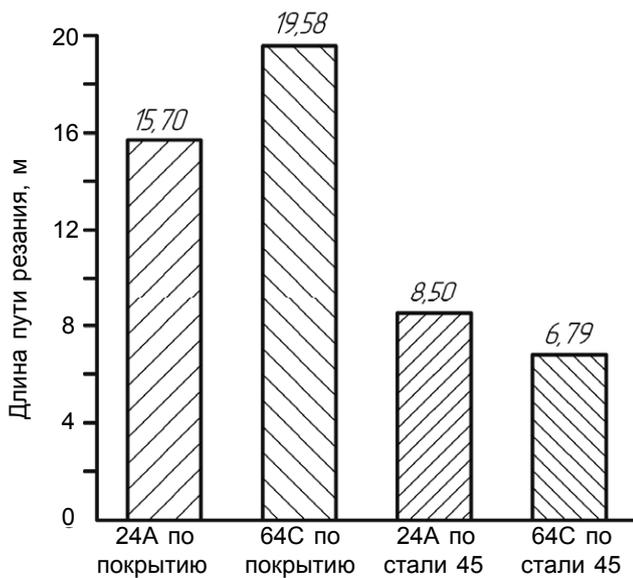


Рис. 1. Износостойкость корунда и карбида при микрорезании покрытия и стали 45

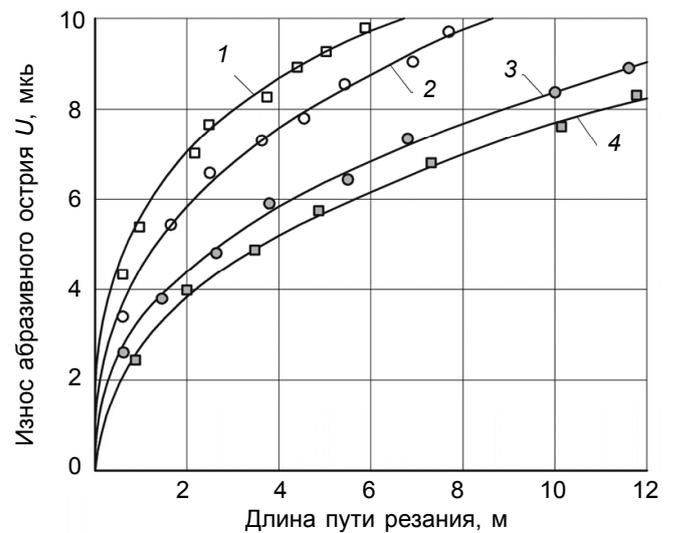


Рис. 2. Зависимость износа абразивного острья из карбида (1, 4) и корунда (2, 3) от длины пути резания по стали (1, 2) и по покрытию (3, 4)

Абразивный материал	Обработываемый материал	Эмпирические зависимости износа от длины пути резания
Электрокорунд белый (24А)	Плазменное покрытие	$U = 3,44L^{0,39}$
Карбид кремния зелёный (64С)		$U = 2,88L^{0,42}$
Электрокорунд белый (24А)	Сталь 45, закалённая	$U = 4,55L^{0,37}$
Карбид кремния зелёный (64С)		$U = 5,90L^{0,28}$

спектрального анализа (МРСА) с помощью приставки JNCA× – аст к растровому электронному микроскопу.

Ниже приведены результаты исследований по оценке износостойкости абразивных материалов при микрорезании покрытия и стали 45.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты исследования износостойкости абразивных материалов при микрорезании представлены на рис. 1.

Как видно из рисунка, при микрорезании покрытия более высокой износостойкостью обладают зёрна из карбида. Наблюдаемое различие износостойкости можно объяснить химическим средством корундов с покрытием, которое оказывает существенное влияние на их износ.

При микрорезании стали 45, наоборот, более высокой износостойкостью обладают зёрна из корунда. Химическое средство последних со сталью в этом случае оказывает влияние на их износ.

Представляло интерес изучить износ абразивного острья в зависимости от продолжительности его работы, выраженной длиной пройденного в

металле пути (кинетика износа). Результаты этих исследований представлены на рис. 2.

Математическая обработка экспериментальных данных показала, что величина износа U в зависимости от длины пути резания описывается степенной зависимостью:

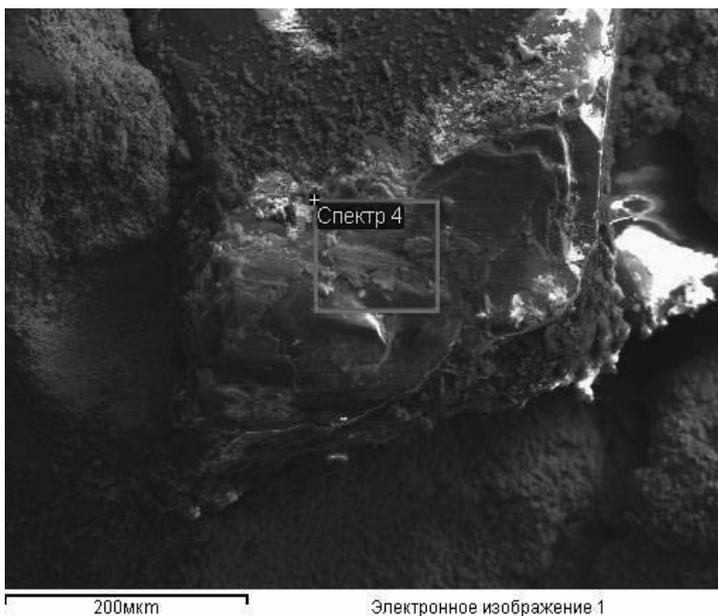
$$U = aL^b.$$

В числовом выражении для разных сочетаний пар абразив – металл эта формула приведена в таблице.

Полученные данные (см. рис. 2) показывают, что при микрорезании интенсивность износа корунда по покрытию выше, чем карбида, а по стали, наоборот, интенсивность износа карбида выше, чем корунда.

Об интенсивности адгезионных процессов можно судить по состоянию рабочих поверхностей абразивного острья и царапины.

РЭМ-изображение рабочей поверхности абразивного острья из корунда после микрорезания покрытия показывает (рис. 3, а) наличие площадки износа с явными следами адгезии. В результа-



а)

Элемент	Весовой %	Атомный %
О	56,35	68,57
Al	43,66	31,43
Итого	100,00	

б)

Элемент	Весовой %	Атомный %
С	25,12	43,34
О	23,41	30,32
Al	20,03	15,38
Si	0,19	0,14
Fe	0,21	0,08
Ni	28,91	10,20
Итого	100,00	

в)

Рис. 3. Участок микрорельефа рабочей поверхности абразивного острья из корунда после микрорезания покрытия (а) и результаты обработки спектра в исходном состоянии зерна (б) и после микрорезания покрытия (в)

те адгезии происходит контакт налипшего металла с обрабатываемым, что приводит к увеличению силы микрорезания и интенсивному износу абразивного зерна (рис. 2, кривая 3).

МРСА поверхностного слоя этого участка позволил установить, что содержание никеля, перенесённого в результате адгезии, составляет около 30 весовых %, а также имеются небольшие включения кремния и железа (рис. 3, в). Кроме того, наблюдается резкое изменение содержания кислорода и алюминия по сравнению с исходным состоянием зерна (рис. 3, б). Эти данные свидетельствуют об активном химическом взаимодействии корунда с покрытием.

Иная картина наблюдается при изучении отдельных участков рабочего микрорельефа абразивного острья из карбида при микрорезании покрытия (рис. 4).

РЭМ-изображение рабочего микрорельефа абразивного острья из карбида кремния после микрорезания покрытия характеризуется наличием микросколов и микрорезцов, на вершинах которых образуются лишь небольшие площадки с налипшим металлом (рис. 3, б).

Выявленные с помощью МРСА изменения химического состава рабочей поверхности карбида на этом участке показали наличие небольшого количества перенесённого с покрытия никеля – около 2 весовых % (рис. 4, в). Резкого изменения содержания углерода и кремния по сравнению с исходным (рис. 4, б) не наблюдалось. Этих элементов оказалось примерно поровну – около 44 весовых %.

Полученные данные свидетельствуют о большей инертности карбида по отношению к покрытию, а следовательно, наблюдается и меньшая интенсивность износа этого абразивного материала при микрорезании покрытия (рис. 2, кривая 4).

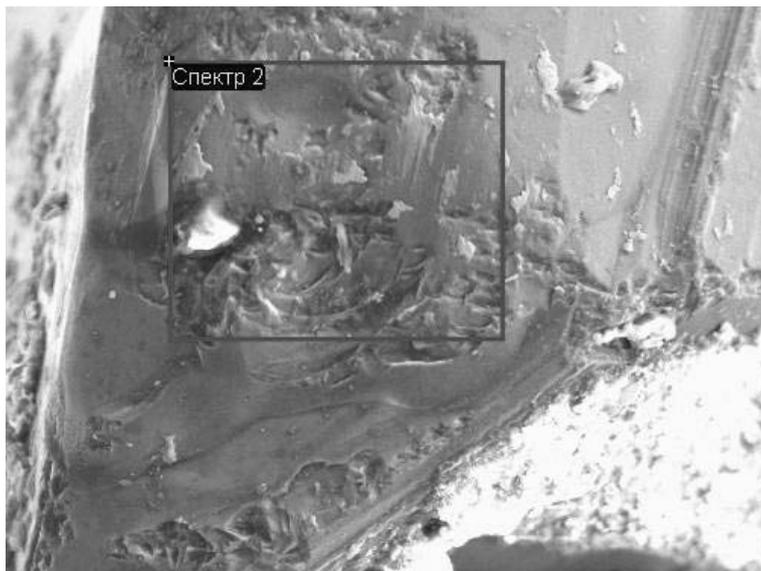
При анализе состояния поверхности риск после микрорезания зёрнами из карбида и корунда обнаружены существенные различия в характере их образования. Так, например, при микрорезании покрытия остриём из корунда (рис. 5, а) риски получаются с резко выраженными навалами и рваными краями, а также следами пластической деформации, специфичными для деформации металла при резании с адгезией; поверхность риска имеет рыхлую структуру, как после химического травления.

После микрорезания покрытия остриём из карбида риски получаются с незначительными навалами по краям, поверхности царапин – более гладкими и ровными, специфичными для деформации металла при резании без адгезии (рис. 5, б).

Таким образом, сопоставление двух видов абразивных материалов при микрорезании покрытия свидетельствует о различном характере их взаимодействия в зависимости от природы контактируемых пар, что является важным при выборе абразивных материалов для шлифования.

Выводы. Изложенный материал позволяет сделать следующее заключение.

Результаты проведённых исследований показали, что электрокорунд белый нельзя рекомендовать для шлифования плазменных покрытий на никелевой основе. Этот абразивный материал по-



а)

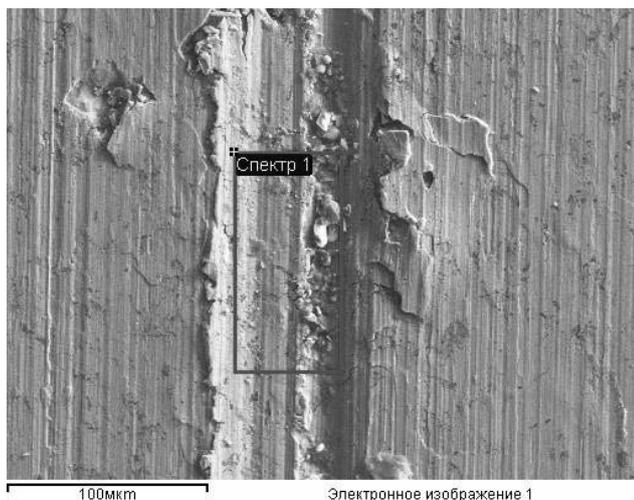
Элемент	Весовой %	Атомный %
С	39,56	60,48
Si	60,44	39,52
Итого	100,00	

б)

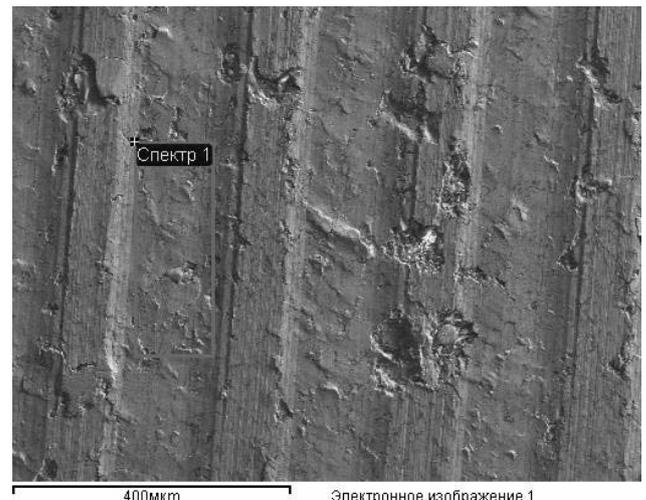
Элемент	Весовой %	Атомный %
С	44,43	62,24
О	8,73	9,37
Si	44,69	27,76
Ni	2,15	0,63
Итого	100,00	

в)

Рис. 4. Участок микрорельефа рабочей поверхности абразивного острья из карбида после микрорезания покрытия (а) и результаты обработки спектра в исходном состоянии (б) и после микрорезания покрытия (в)



Электронное изображение 1



Электронное изображение 1

Рис. 5. Состояние поверхности риски после микрорезания покрытия острием из корунда (а) и карбида (б)

казал низкую износостойкость и высокую адгезионную активность по отношению к указанным покрытиям.

Для шлифования плазменных покрытий на никелевой основе можно рекомендовать абразивный материал из карбидов кремния. Этот материал показал более высокую износостойкость и низкую адгезионную активность по отношению к указанным покрытиям.

Для проверки закономерностей износа абразивов, установленных при микрорезании единичными зёрнами, требуется экспериментальная проверка в условиях шлифования деталей с покры-

тиями непосредственно шлифовальными кругами с оценкой качества обработанной поверхности.

Библиографические ссылки

1. **Надёжность** и ремонт машин / Под ред. В.В. Курчаткина. М.: Колос, 2000. 776 с.

2. **Ремонт** машин в агропромышленном комплексе / Под ред. М.И. Юдина. 2-е изд., перераб. и доп. Краснодар: КГАУ, 2000. 688 с.

3. **Худобин Л.В., Правиков Ю.М.** Выбор шлифовальных кругов для обработки заготовок из алюминиевых сплавов. В кн.: **Физикохимия** процесса резания металлов: сб. науч. тр. Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 1986. С. 10–14.

УДК 519.688; 664.1.048.5

К.А. Емельянов, Ю.К. Сотников(Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс, г. Орёл)
emel@ostu.ru**УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫПАРИВАНИЯ ЖИДКОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ В ВАКУУМЕ**

Рассмотрено устройство автоматического выпаривания жидкого сельскохозяйственного сырья в вакууме, проведены испытания на яблочном соке, показана эффективность устройства.

Ключевые слова: автоматизация, вакуум, выпаривание, жидкое сельскохозяйственное сырьё.

Facility for automatic evaporation of liquid agricultural raw material in a vacuum is considered. Testes with apple juice were carried out and facility effectiveness is shown.

Key words: automatic, vacuum, evaporation, liquid agricultural raw material.

Переработку плодово-ягодного сырья осуществляют различными методами, получая продукты питания высокой пищевой и биологической ценности. Одним из таких методов является сушка, реализуемая при различных способах подвода энергии (конвективная, распылительная, сублимационная, электромагнитным полем и др.). Однако классические методы сушки не предусматривают мер по накоплению и использованию природной влаги сырья. Природная влага включает весь спектр биологически активных веществ перерабатываемого сырья и может быть использована в качестве функциональной питьевой воды и напитков на её основе.

Одним из перспективных методов переработки является вакуумное выпаривание. Выпаривание сока чёрной смородины в вакууме с получением концентрированного сока и природной воды исследовано в работе [1]. Выпаривание жидкого сельскохозяйственного сырья в вакууме сопровождается интенсивным пенообразованием, которое существенно замедляет процесс выпаривания [2].

На основании экспериментальных данных разработан способ пеноподавления при выпаривании жидкого сырья в вакууме [3]. Способ основан на регулировании остаточного давления в испарителе и реализован в автоматическом режиме [4]. Однако при автоматическом подавлении пены процесс выпаривания осуществляется вручную, что снижает его эффективность.

С целью повышения эффективности разработано устройство автоматического выпаривания жидкого сельскохозяйственного сырья в вакууме.

Вакуумная выпарная установка [4], включающая устройство автоматического пеноподавления, была дополнительно оснащена датчиком давления и пьезодатчиком. С помощью этих дат-

чиков реализовано включение и выключение нагрева испарителя в автоматическом режиме. Включение нагрева осуществлялось от датчика давления по достижении заданного уровня разрежения, отключение – от пьезодатчика по окончании процесса конденсации. Пьезодатчик использован также и для повторного включения нагрева после подавления пенообразования. Пенообразование подавлялось повышением давления в испарителе путём его отсечки от вакуумного насоса по сигналам датчика уровня пены, в качестве которого использована оптопара.

Схема вакуумной выпарной установки приведена на рис. 1.

В верхней части испарителя 1 рабочим объёмом 40 л, вблизи крышки с брызгоуловителем 2, установлена оптопара 3. Оптопара, состоящая из расположенных на одной оптической оси фотодатчика и фотоприёмника, подключена во входную цепь блока управления 4. Испаритель помещён в ячейку 5 с двумя осями вращения. В испаритель загружают сырьё и при сушке рабочие тела 6. Испаритель соединён паропроводом 7 с горизонтальным конденсатором 8. Паропровод содержит шесть параллельно включённых вакуумных шлангов длиной 750 мм, с проходным диаметром 20 мм. Горизонтальный конденсатор предназначен для конденсации пара и подсоединён трубопроводом 9 к вертикальному конденсатору 10. Вертикальный конденсатор осуществляет охлаждение конденсата и соединён через вакуумный клапан 11 и пьезодатчик 12 со сборником конденсата 13, который оснащён датчиком давления 14. Пьезодатчик и датчик давления подключены во входные цепи, а вакуумный клапан – в выходную цепь блока управления 4. Сборник конденсата подсоединён через вакуумный вентиль 15 к насосу 16.

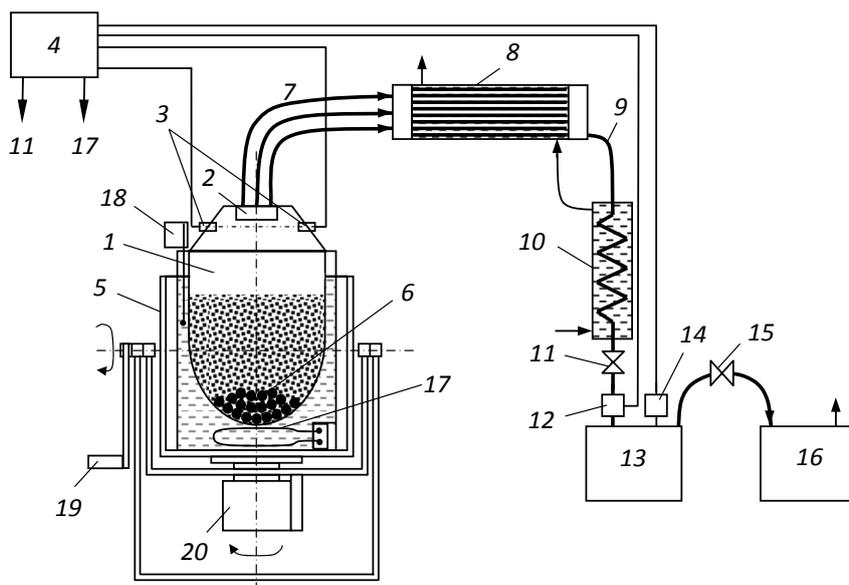


Рис. 1. Схема установки для удаления влаги в вакууме

Процесс выпаривания начинают с откачки вакуумной системы. При достижении разрежения $P = 10$ Па датчик давления формирует во входной цепи блока управления напряжение, обеспечивающее включение электронагревателя 17 через блок управления. Электронагреватель входит в выходную цепь блока управления. С включением нагревателя начинается прогрев рабочей жидкости в рубашке испарителя и передача тепла выпариваемому сырью.

На этапе прогрева сырья пенообразование отсутствует. Световой поток от фотодатчика поступает на фотоприёмник, формируя электрический сигнал высокого уровня на входе блока управления. По сигналу высокого уровня блок управления обеспечивает открытое положение вакуумного клапана 11. При закипании сырья в испарителе образуется пена, которая, поднимаясь, перекрывает световой поток от фотодатчика.

В отсутствие светового потока фотоприёмник формирует на входе блока управления сигнал низкого уровня, по которому блок отключает электронагреватель и одновременно переводит вакуумный клапан 11 из открытого положения в положение отсеки. Клапан отсекает испаритель от сборника конденсата и насоса. В отсутствие откачки и нагрева температура и давление в испарителе повышаются за счёт теплообмена с рабочей жидкостью в рубашке испарителя. С повышением давления пенообразование уменьшается, и пена оседает. При снижении уровня пены ниже оптической оси оптопары на фотоприёмник поступает световой поток от фотодатчика. Фотоприёмник формирует на входе блока управления сигнал высокого уровня, по которо-

му блок управления открывает вакуумный клапан 11. С открытием клапана давление в испарителе понижается, усиливая пенообразование. При превышении уровнем пены оптической оси оптопары на входе блока управления вновь формируется сигнал низкого уровня, по которому блок управления переводит клапан 11 в режим отсеки.

Подавление пенообразования в испарителе осуществляется до начала объёмного кипения сырья. Перед началом кипения через вертикальный и горизонтальный конденсаторы пропускают охлаждающую жидкость. Кипение сырья сопровождается парообразованием, поступлением и конденсацией пара в горизонтальном конденсаторе, охлаждением конденсата в вертикальном конденсаторе и поступлением конденсата в сборник.

Конденсат, поступая в сборник, воздействует на пьезодатчик, который через блок управления поддерживает электронагреватель во включённом состоянии. В установившемся режиме выпаривания заданный уровень температуры в испарителе обеспечивает регулятор температуры 18. Процесс выпаривания завершается по окончании поступления конденсата в сборник. С окончанием поступления конденсата исчезает силовое воздействие на пьезодатчик, и вырабатываемое им напряжение уменьшается до нуля.

В отсутствие сигнала от пьезодатчика блок управления обесточивает нагреватель. При сушке продуктом рукояткой 19 ось испарителя переводят в горизонтальное положение и придают ему колебательное движение вокруг оси симметрии с помощью привода 20, вращающего ячейку на пол-оборота в противоположные стороны.

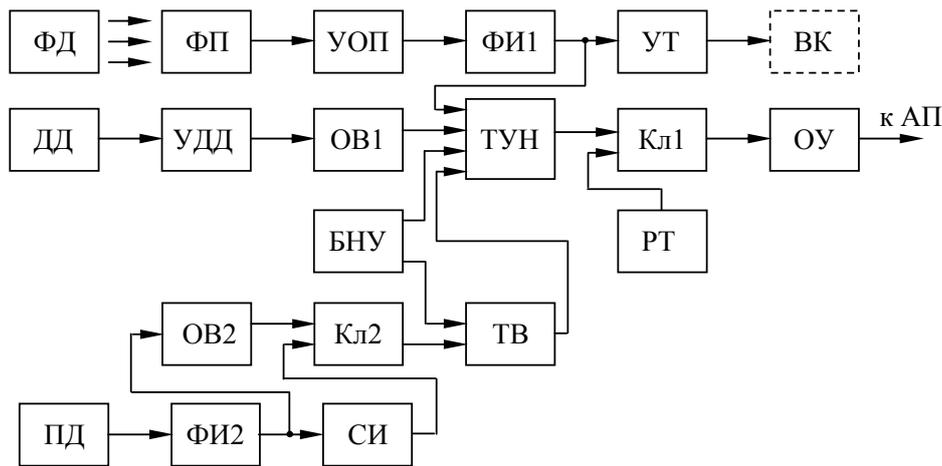


Рис. 2. Структурная схема блока управления выпариванием

Структурная схема блока управления выпариванием приведена на рис. 2. При включении питания блок начальной установки (БНУ) устанавливает в нулевое состояние триггеры включения (ТВ) и управления нагревом (ТУН). Одновременно включают вакуумный насос, который создаёт разрежение в испарителе. При разрежении $P = 10$ Па на выходе датчика давления (ДД) возникает напряжение, которое усиливается усилителем датчика давления (УДД) и достигает величины логической «1». Логическая «1» с выхода УДД запускает первый одновибратор (ОВ1). Импульс ОВ1 переключает триггер ТУН в единичное состояние. При наличии разрешающего сигнала от регулятора температуры (РТ) ($T \leq 50$ °С) триггер ТУН через первый ключ (Кл1) и оптронный усилитель (ОУ) включает автоматический переключатель (АП), который замкнутыми контактами подключает электронагреватель к трёхфазной сети.

При отсутствии пены световой сигнал фотодатчика (ФД) преобразуется фотоприёмником (ФП) в электрический сигнал. Этот сигнал усиливается усилителем оптопары (УОП) и преобразуется первым формирователем импульсов (ФИ1) в импульсы напряжения. Сигнал высокого уровня на выходе ФИ1 соответствует отсутствию пены и обеспечивает через усилитель тока (УТ) открытое положение вакуумного клапана (ВК), а также одновременный перевод триггера ТУН в единичное состояние. По мере нагрева сырья образуется пена, которая при закипании увеличивается в объёме и перекрывает световой поток от фотодатчика ФД. В отсутствие светового сигнала фотоприёмник ФП вырабатывает сигнал низкого уровня, блокирующий усилитель УТ. При блокировке ВК отсекает испаритель от насоса, обеспечивая повышение давления в испарителе и сни-

жение уровня пены. Одновременно триггер ТУН переключается в нулевое положение, что обеспечивает отключение нагревателя от трёхфазной сети. При снижении уровня пены ниже оптической оси сигнал высокого уровня ФП переведёт ВК в открытое положение, и давление в испарителе снова начнёт понижаться. В процессе пеноподавления включение и выключение ВК происходит до окончательного подавления пенообразования.

После подавления пены сырьё переходит в режим кипения. При кипении пары через паропровод поступают в горизонтальный конденсатор и конденсируются в нём. Образующаяся влага охлаждается в вертикальном конденсаторе и попадает на пьезодатчик (ПД) сначала в виде отдельных капель, а затем непрерывной струи. Под воздействием капель ПД фиксирует момент начала конденсации. Напряжение с выхода ПД поступает на второй формирователь импульсов (ФИ2). Импульсы формирователя ФИ2 запускают второй одновибратор (ОВ2), формирующий положительный импульс длительностью 20 с, и одновременно поступают на счётчик импульсов (СИ).

Одновибратор ОВ2 выполнен по схеме с перезапуском. При регулярном поступлении импульсов от ФИ2 на выходе одновибратора удерживается логическая «1», она же удерживается и при непрерывной струе, воздействующей на ПД.

По окончании выпаривания длительность паузы τ между импульсами возрастает, и при $\tau > 20$ с на выходе ОВ2 формируется положительный фронт, который через второй ключ (Кл2) переключает ТВ, а затем и ТУН в нулевое состояние. При нулевом состоянии ТУН оптронный усилитель обесточивает АП. Разрешение прохождению импульса ОВ2 обеспечивает логическая «1» с выхода СИ, возни-

кающая после 64-го счётного импульса. На этом процесс выпаривания завершается.

Испытания проведены на яблочном соке. На крышке сборника конденсата установлен датчик давления, в качестве которого использован преобразователь манометрический термопарный ПМТ-2. В рассечку трубопровода, в месте его присоединения к крышке сборника конденсата, вмонтирован пьезодатчик ЗП-1-1. Датчик давления и пьезодатчик включены во входные цепи управления электронагревателем. При достижении в вакуумной системе давления $P = 10$ Па преобразователь ПМТ-2 обеспечил термо-ЭДС $E = 2$ мВ. Под действием ЭДС блок управления осуществил первое включение нагревателя. По сигналам пьезодатчика блок управления обеспечивал включённое состояние нагревателя с момента начала конденсации и отключение нагревателя по её завершении. В верхней части испарителя на одной оптической оси смонтирована оптопара. Фотодатчик обеспечивал непрерывный световой поток на фотоприёмник, включённый во входные цепи блока управления ВК и электронагревателем. ВК с электромагнитным приводом КМУ25 установлен в рассечку трубопровода между вертикальным конденсатором и сборником конденсата. В открытом состоянии клапан обеспечивал откачку испарителя и поступление конденсата в сборник. Открытое состояние поддерживалось сигналом высокого уровня от фотоприёмника через ФИ1 и УТ. Сигнал высокого уровня фотоприёмника обеспечивался световым потоком фотодатчика.

В камеру испарителя было загружено 20 л яблочного сока. Разрежение в системе создавалось форвакуумным масляным механическим насосом. После 76 мин откачки разрежение в системе достигло 10 Па, при этом на выходе ДД выработано напряжение 2 мВ. Напряжение датчика после усиления изменило состояние ТУН. Одновременно с включением насоса было подано питание на ФД. По сигналу высокого уровня от ФП блок управления обеспечил открытое положение ВК и сигнал высокого уровня на ТУН. При сигналах высокого уровня от ФП и ДД триггер ТУН через оптрон обеспечил включение электронагревателя мощностью 13,2 кВт. После нагрева сока до 40 °С температура в рубашке испарителя поддерживалась терморегулятором на уровне 60 °С. Нагрев сока сопровождался пенообразованием. По истечении 38 мин нагрева пена, поднимаясь, перекрыла световой поток от ФД. В отсутствие светового потока от ФП на вход блока управления поступил сигнал низкого уровня. По этому сигналу блок обесточил электромагнит ВК, и клапан отсёк испаритель от вакуумной системы. Одновременно блок управле-

ния отключил электронагреватель. Через 2 мин после отсечки испарителя пена начала опускаться, и световой поток от ФД вновь достиг ФП. По сигналу высокого уровня от ФП блок управления перевёл ВК в открытое положение. С открытием клапана пенообразование резко увеличилось, уровень пены перекрыл оптическую ось оптопары, и блок управления снова перевёл клапан в положение отсечки. В течение 3 мин произошло двукратное регулирование уровня пены с отключением и подключением испарителя к вакуумной системе.

По завершении пеноподавления кипение приняло объёмный характер и сопровождалось испарением и конденсацией. С поступлением конденсата в сборник ПД начал вырабатывать напряжение, по которому блок управления подключил электронагреватель к трёхфазной сети. Через 3 мин после включения нагрева выпаривание вышло в установившийся режим. В этом режиме конденсат поступал в сборник со скоростью 10,6 л/ч. В процессе выпаривания терморегулятор поддерживал температуру в рубашке испарителя равной 60 °С. Выпаривание продолжалось в течение 1 ч 55 мин. По окончании выпаривания скорость поступления конденсата в сборник уменьшилась более чем на порядок, что привело к уменьшению напряжения, вырабатываемого пьезодатчиком, и блок управления обесточил электронагреватель.

Таким образом, разработано устройство автоматического выпаривания жидкого сельскохозяйственного сырья в вакууме. Проведены испытания при удалении влаги из яблочного сока. Достигнуто повышение эффективности процесса выпаривания за счёт перехода с ручного режима управления в автоматический.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки РФ № 14.740.11.0513, 2010 г.

Библиографические ссылки

1. **Малогобаритная** вакуумная установка для получения порошка из сока чёрной смородины А.А. Емельянов, А.Г. Золотарёв, В.В. Долженков, К.А. Емельянов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 10. С. 76–78.
2. **Емельянов А.А., Емельянов К.А.** Подавление пены при выпаривании жидкого сельскохозяйственного сырья в вакууме // Пиво и напитки. 2009. № 1. С. 38–39.
3. **Патент** № 2328170 RU. Способ удаления влаги в вакууме / А.А. Емельянов, К.А. Емельянов, В.В. Долженков, Г.А. Золотарёв. Опубл. 10.07.2008, Бюл. № 19.
4. **Емельянов К.А., Сотников Ю.К., Тимаков А.С.** Устройство автоматического пеноподавления при выпаривании жидкого сельскохозяйственного сырья в вакууме // Автоматизация и современные технологии. 2011. № 1. С. 3–6.



УДК 621.395.34

А.Т. Егоров (ООО «Эквант», г. Москва)
aeg_internet@mail.ru

ПОДКЛЮЧЕНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ВЫЗОВОВ К СЕТИ IMS

Рассмотрено взаимодействие архитектуры мобильных сетей следующего поколения 3GPP IP Multimedia Subsystem (IMS) и систем обработки вызовов (контакт-центры, сервисные платформы, платформы интерактивного речевого взаимодействия). Предложены варианты подключения систем обработки вызовов к сети IMS.

Ключевые слова: система обработки вызовов, контакт-центр, система сигнализации, IMS, телефонная сеть.

Architecture interaction of the 3 GPP IP Multimedia Subsystem (IMS) mobile networks next generation and inquiry processing system (contact-centers, service platforms, interactive speech interaction platforms) is considered. Variants of inquiry processing systems connection to IMS network are proposed.

Key words: inquiry processing system, contact-center, signaling system, IMS, telephonic net.

Архитектура IMS по-прежнему является одним из наиболее перспективных направлений в телекоммуникациях, позволяя оператору создавать разнообразные услуги на одной платформе. Однако для перехода на IMS имеются препятствия. На техническом уровне внедрение IMS сложно и дорого при переходе с текущей инфраструктуры, реализующей услуги в стандартах 2G и 3G. Кроме миграции основной инфраструктуры, операторам необходимо «перевести» в сеть IMS также и системы обработки вызовов, будь то контакт-центр, система интерактивного речевого взаимодействия или единая сервисная интеллектуальная платформа. Несмотря на то что данные системы играют вспомогательную роль в сети оператора, они являются важной частью, без которой предоставление сервиса затруднительно или вообще невозможно. В статье рассматриваются проблемы, возникающие при подключении систем обработки вызовов к сети IMS, и подходы для их решения.

IP Multimedia subsystem (IMS), разработанная консорциумом 3GPP, является архитектурой нового поколения, которая позволяет оператору в сети разделить управление вызовами и приложениями, комбинировать услуги мультимедийные и сети передачи данных, создавать услуги на единых промышленных стандартах и рекомендациях. В IMS поддерживается несколько технологий радио- и проводного доступа, в том числе и перспективная технология радиодоступа 3GPP LTE (Long Term Evolution). В LTE информация передаётся

только с помощью технологии коммутации пакетов. IMS является «целевой» архитектурой для предоставления мультимедийных услуг в LTE.

Несмотря на достаточную проработанность стандартов IMS, а также новизну архитектуры, пока нет коммерческих мобильных сетей, построенных на базе данной архитектуры. Для операторов, которые уже предоставляют услуги мобильной связи в стандартах предыдущих поколений, миграция на IMS является непростой задачей. Определён минимальный набор функций, необходимый для запуска голосового сервиса в сети IMS [1]. Также известен ряд механизмов для перехода и взаимодействия коммутационного ядра предыдущих поколений, в основе которых лежит технология коммутации каналов (Circuit Switched) с LTE и последующим внедрением IMS [2]. Однако, кроме перевода ядра сети, необходимо подключить к сети IMS и вспомогательные системы, к которым относятся системы обработки вызовов.

На сегодняшний день мобильные сети подключаются к внешним телефонным сетям с помощью сигнализации ОКС-7, которая позволяет достичь большой производительности и хорошо адаптирована для работы с текущими мобильными технологиями. Системы обработки вызовов также подключаются и интегрируются с мобильными системами данной сигнализацией. Это позволяет передавать в систему (в процессе вызова) не только стандартные информационные поля сигнализации, такие как номера вызывающего или вызываемого абонента, но и до-

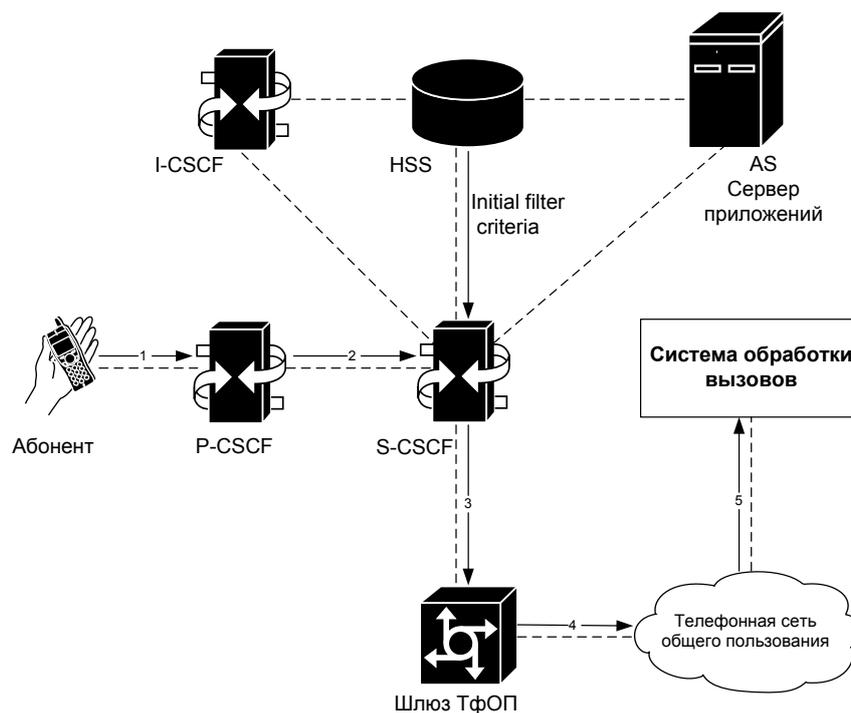


Рис. 1. Подключение абонента IMS к системе обработки вызовов с использованием шлюза телефонной сети общего пользования

полнительные, относящиеся исключительно к мобильным системам, которые могут быть использованы в процессе маршрутизации вызова или для вывода этой информации на рабочее место оператора. Например, нередко при поступлении вызова от мобильного абонента в единый контакт-центр возникает необходимость автоматически определить вероятностную территориальную принадлежность абонента и маршрутизировать вызов на оператора контакт-центра в соответствующем территориальном подразделении компании. Одним из способов решения этой задачи является передача в процессе вызова информационного поля, т. е. номера базовой станции, на которой зарегистрирован абонент сотовой сети, в центр обработки вызовов и использование его в качестве параметра маршрутизации. Аналогичные задачи могут стоять и при подключении системы обработки вызовов к сети IMS. Далее рассмотрим возможные способы подключения систем обработки вызовов к данной сети.

Способ № 1. Подключение через шлюз ТфОП. В спецификации 3GPP предусмотрен интерфейс для подключения к телефонной сети общего пользования (ТфОП) по сигнализации ОКС-7 [3]. Согласно спецификации 3GPP, взаимодействие с ТфОП осуществляется шлюзом ТфОП, который имеет распределённую архитектуру и состоит из элементов SGW-Signaling Gateway, MGCF – Me-

dia Gateway Control Function, MGW – Media Gateway. Схема прохождения вызова при данном варианте подключения показана на рис. 1. Маршрутизация вызова происходит в следующем порядке:

абонент набирает номер доступа системы обработки вызовов. Терминал абонента формирует запрос на установление соединения – сообщение INVITE протокола SIP и отправляет его на P-CSCF (Proxy Call Session Control Function);

сообщение INVITE маршрутизируется на P-CSCF, а затем вызов направляется на S-CSCF (Serving Call Session Control Function);

S-CSCF согласно таблице маршрутизации отправляет запрос INVITE на шлюз ТфОП;

шлюз ТфОП преобразует сообщения сигнализации SIP в сообщения сигнализации ОКС-7. Вызов, пройдя по сети ОКС-7, поступает в систему обработки вызовов.

Одной из функций шлюза является преобразование и передача полей сигнализации SIP IMS в поля сигнализации ОКС-7. При этом шлюз ТфОП может передать только ограниченный перечень информационных полей, имеющих соответствие в сигнализации ОКС-7. Например, такие параметры вызова, как номера вызывающего и вызываемого абонентов, идентификатор вызова и некоторые другие. Однако специальные поля протокола SIP шлюз передать не может. Достоинство данного подхода – простота и дешевизна под-

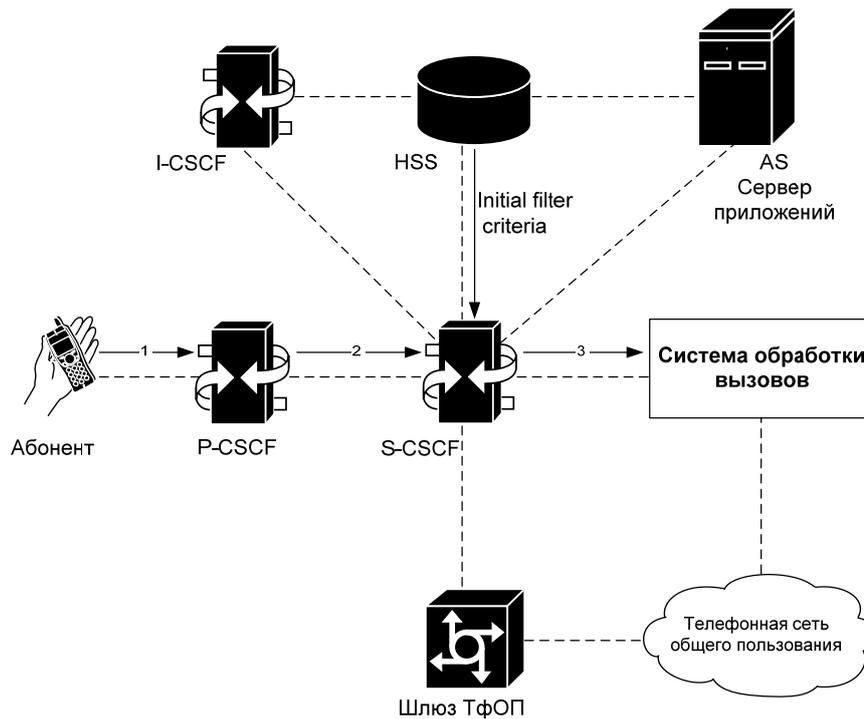


Рис. 2. Подключение абонента IMS к системе обработки вызовов в «среде» IMS

ключения. Недостатки – ограниченная производительность, невозможность передать расширенные поля сигнализации SIP.

Способ № 2. Модернизация системы обработки вызовов. Модернизация заключается в обновлении программного обеспечения системы обработки вызовов для создания дополнительного интерфейса взаимодействия через протокол SIP с поддержкой расширений IMS, что позволяет перенести систему обработки вызовов в «среду» IMS. Абонент IMS и система обработки вызовов взаимодействуют через протокол сигнализации SIP без использования «транзитной» сигнализации ОКС-7. При этом целесообразнее, чтобы система обработки вызовов работала в качестве сервера приложений IMS. Подключение системы обработки вызовов по протоколу SIP позволяет передавать все необходимые информационные поля сигнализации, в том числе и расширенные. Рассмотрим маршрутизацию вызова в систему обработки вызова – контакт-центр и передачу информационного поля сигнализации, идентифицирующего номер радиоячейки регистрации абонента в сотовой сети. Номер радиоячейки регистрации абонента передается в сигнализации SIP в поле P-заголовке (в параметре P-Access-Network-Info). Схема прохождения вызова показана на рис. 2.

Процесс начинается с того, что при регистрации абонента на S-CSCF загружается триггер

маршрутизации (initial filter criteria), определяющий, при каком методе сигнализации SIP и его дополнительных параметрах вызов необходимо маршрутизировать на контакт-центр, выступающий в роли сервера приложений. Таким образом, триггер начинает работать с момента регистрации абонента. Для маршрутизации вызова в систему обработки вызовов в качестве метода сигнализации можно использовать метод INVITE, а в качестве дополнительного параметра срабатывания триггера – номер доступа системы обработки вызовов. Маршрутизация вызова происходит в следующем порядке:

абонент набирает номер доступа системы обработки вызовов. Терминал абонента формирует запрос на установление соединения (сообщение INVITE протокола SIP) и отправляет его на P-CSCF;

P-CSCF отправляет сообщение INVITE на S-CSCF. В этом сообщении содержится номер вызываемого абонента (номер доступа системы обработки вызовов) и необходимое поле сигнализации P-Access-Network-Info;

на S-CSCF срабатывает триггер маршрутизации, сообщение INVITE вместе с информационным полем P-Access-Network-Info маршрутизируется в систему обработки вызовов, которая должна извлечь данное поле из сообщения сигнализации.

К достоинствам данного способа следует отнести «прозрачность» взаимодействия абонента и

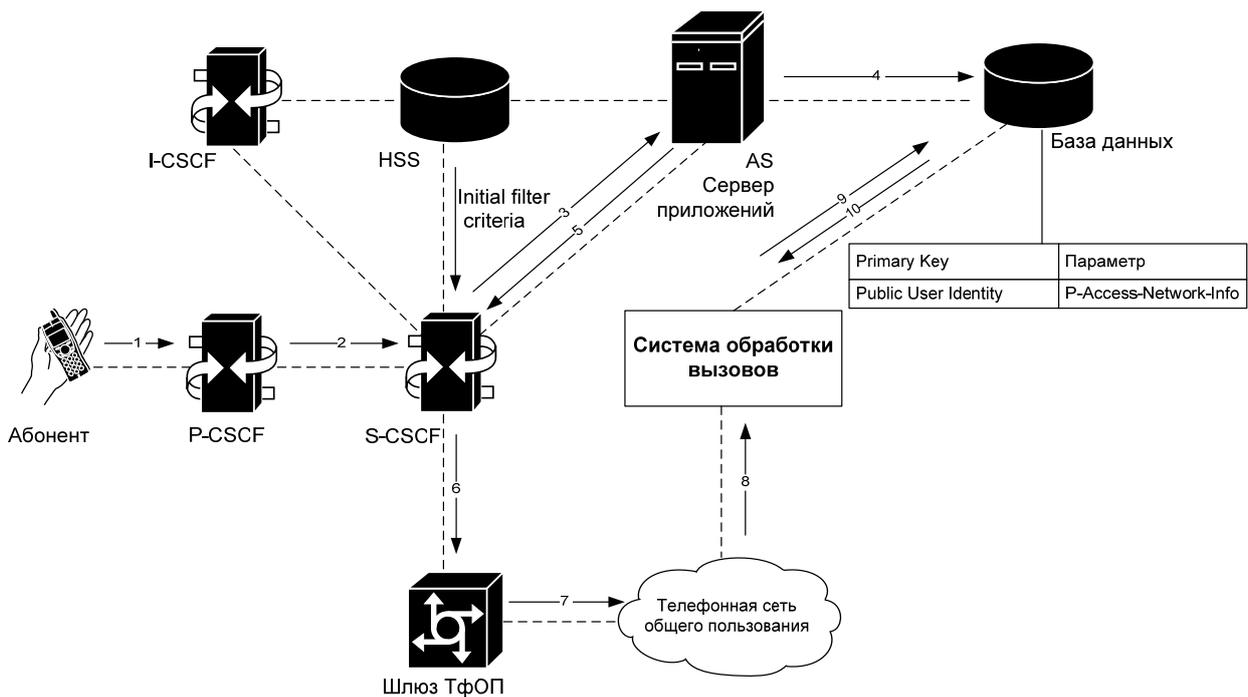


Рис. 3. Подключение абонента IMS к системе обработки вызовов с помощью шлюза телефонной сети общего пользования и интерфейса взаимодействия через базу данных

системы обработки вызовов, надёжность, большую производительность.

В то же время данный способ имеет недостатки. В первую очередь это сложность модернизации системы, необходимость капитальных затрат. Кроме этого, как и при любом обновлении программного обеспечения сложной системы, необходимо учитывать риски, связанные с переходом на новую версию (могут перестать работать сервисы и приложения, работающие на данной платформе). Для полной уверенности потребуется тщательное тестирование.

Способ № 3. База данных – дополнительный информационный канал взаимодействия. Схема способа (рис. 3) базируется на подходе № 1. При этом добавляется дополнительный интерфейс взаимодействия сети IMS и системы обработки вызовов с помощью сервера баз данных. Данный интерфейс в процессе вызова позволяет передавать необходимое информационное поле сигнализации. Суть способа № 3 заключается в том, что для передачи необходимого информационного поля используется временное хранилище параметра (база данных), т. е. передача параметра происходит в два этапа:

первый этап – извлечение параметра из сообщения сигнализации SIP, его запись в таблицу базы данных;

второй – извлечение параметра из базы данных системой обработки вызова.

Передача поля сигнализации SIP P-Access-Network-Info, идентифицирующего номер радиочелюсти, в которой зарегистрирован абонент, в контакт-центр, как и при подходе № 2, начинается с того, что на сервер S-CSCF при регистрации абонента из HSS загружается триггер маршрутизации, в котором определяются метод сигнализации INVITE и дополнительные параметры срабатывания триггера, т. е. номер доступа контакт-центра, информационное поле P-Access-Network-Info.

Маршрутизация вызова происходит в следующем порядке:

абонент набирает номер доступа системы обработки вызовов. Терминал абонента формирует запрос на установление соединения – сообщение SIP INVITE;

сообщение INVITE маршрутизируется на P-CSCF;

P-CSCF маршрутизирует сообщение INVITE на S-CSCF;

на S-CSCF срабатывает триггер маршрутизации, и S-CSCF отправляет запрос INVITE на сервер приложений;

сервер приложений извлекает из сообщения сигнализации поле номер вызывающего абонента, передаваемый в поле P-Asserted-Identity (Public User Identity), P-Access-Network-Info, и записывает указанные параметры в таблицу сервера базы данных – временное хранилище параметра.

При этом предполагается, что невозможно совершать несколько вызовов с терминалов абонентов с одним и тем же номером вызывающего абонента, а информация о предыдущем вызове с данным идентификатором не представляет ценности и может быть обновлена текущим вызовом;

сервер приложений возвращает запрос INVITE на S-CSCF;

S-CSCF в соответствии с маршрутной таблицей отправляет сообщение INVITE на шлюз ТфОП;

вызов, пройдя по сети сигнализации ОКС-7, поступает в систему обработки вызовов;

после установки соединения в необходимый момент система обработки вызовов запрашивает об информации из таблицы сервера базы данных (запрос на выборку) с условием поиска по ключу – номеру вызывающего абонента и извлекает необходимое информационное поле P-Access-Net-work-Info.

Достоинство данного способа – простота и дешевизна реализации, так как используются стандартный и имеющийся в наличии, как правило в любой системе обработки вызовов, интерфейсы взаимодействия с базами данных. Недостаток – ограниченная производительность.

Заключение. Способ № 1. Данный способ подключения не требует финансовых затрат и реализуется с помощью стандартного оборудования, может использоваться в ситуациях, когда не тре-

буется интеграция системы обработки вызовов с сетью IMS.

Способ № 2. В перспективе в сетях, построенных по архитектуре IMS, системы обработки вызовов должны подключаться по протоколу SIP, что позволяет обеспечить максимальную интеграцию, производительность, надёжность и гибкость. В то же время модернизация системы обработки вызовов может сдерживаться технологическими рисками и финансовыми затратами, связанными с необходимостью обновления программного обеспечения системы.

Способ № 3. Данный метод является расширением способа № 1, обеспечивает минимальную интеграцию с IMS и может рассматриваться как временный вариант. Вместе с тем он относительно прост, реализуется с использованием существующих технических средств и позволяет подготовить переход к дорогостоящей модернизации системы обработки вызовов.

Библиографические ссылки

1. **GSMA PRD IR.92** «IMS Profile for Voice and SMS», 1.0, 18 марта 2010.

2. **Щербакова Е.Н., Долбилов А.В.** Реализация услуг телефонной связи в сетях LTE // Вестник связи. 2010. № 7. С. 30–33.

3. **3GPP TS 29.163** «Technical Specification Group Core Network and Terminals; Interworking between the IP Multimedia (IM) Core Network (CN) subsystem and Circuit Switched (CS) networks (Release 9)».



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ



СПРАВОЧНИК СВАРЩИКА

О.Г. Быковский, В.Р. Петренко, В.В. Пешков

2011 г. 336 с. ISBN 978-5-94275-557-7

Цена 500 р.

Систематизирована информация о свариваемости всех конструкционных сплавов, об электродных материалах и технических возможностях известных способов электрической и газовой сварки, резки, наплавки и напыления сталей и сплавов. Приведены параметры режима этих технологических процессов, технические характеристики современного оборудования для ручных и механизированных способов сварки, резки, наплавки и напыления при изготовлении металлоконструкций.

Для инженеров и специалистов, работающих в области сборочно-сварочного производства, а также студентов, обучающихся по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» в учебных заведениях всех уровней аккредитации.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 519-7

А.К. Клименко, канд. техн. наук, доц. (Бердянский государственный педагогический университет, Украина)

aklym@ukr.net

О СПОСОБЕ УСКОРЕНИЯ СХОДИМОСТИ ПРОЦЕССА В ОДНОМ ИЗ КЛАССОВ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ

Рассмотрена адаптивная корректировка циклически повторяющихся управляющих программ на основании статистического анализа регистрируемых ошибок управления. Предложено решение задачи статистического анализа с исключением из неё операции вспомогательных проигрываний управляющей программы.

Ключевые слова: управляющая программа, автоматизированный объект, дискретный интегратор, обратная модель, статистический анализ, сходимость.

The adaptive correction of cyclically repeating controlling programs on the basis of statistic analysis of control registered errors is considered. The statistic analysis task solution when excluding of the controlling program auxiliary playing operation is proposed.

Key words: controlling program, automatic object, discrete integrator, reverse model, statistic analysis, convergence.

Введение. В настоящее время возникают проблемы при создании адаптивных систем управления. Существует различная терминология в области этих систем. В числе адаптивных систем называются самонастраивающиеся, самоорганизующиеся, самообучающиеся и обучаемые. В данной работе рассмотрены вопросы, относящиеся к проблемам обучаемых систем. В качестве обучаемых выступают системы программного управления, с циклически повторяющимися технологическими процессами и адаптивной корректировкой управляющих программ. Рассмотрена задача повышения скорости адаптации при работе в условиях случайных возмущающих воздействий.

Анализ известных источников. Известны автоматизированные технологические объекты (АТО), в которых управление осуществляется по циклически повторяющимся программам. Примерами таких АТО являются металлорежущие станки с программным управлением и станы горячей прокатки. Управляющие программы готовятся в условиях неполной информации об объекте управления и возмущающих воздействиях. Поэтому требуется корректировка управляющих программ как во время их разработки, так и в процессе эксплуатации. Системы, в которых осуществляется такая корректировка, называются системами с изменяемой программой (1), системами с самоустанавливающейся программой [2], самонастраивающимися системами «от детали к детали» [3, 4] и адаптивными системами [5]. Далее их будем называть системами с адаптивной корректировкой управляющих программ или обучаемыми системами.

Было выполнено значительное количество работ по отдельным проблемам адаптивной корректировки циклически повторяющихся управляющих программ. В классическую структурную схему адаптивной системы входят управляющая программа, АТО и дискретный интегратор.

Система функционирует следующим образом. Управляющая программа $x(n)$ состоит из N кадров дискретного времени ($n \in [0, N]$). Она циклически повторяется и не изменяется от цикла к циклу.

АТО является непрерывным, но его выходной сигнал оценивается в дискретные моменты времени:

$$y(n+\gamma), 0 \leq \gamma \leq 1, n = 0, 1, 2, \dots, N,$$

где n – дискретное время, γ – дробная часть дискретного времени.

Ошибка каждого цикла воспроизведения программы измеряется в промежутках между циклами и регистрируется в буферной памяти. Регистрируются только её значения в привязке к дискретным моментам времени:

$$\varepsilon_k(n) = x(n) - y_k(n), n \in [0, N],$$

где k – номер цикла воспроизведения программы.

На основании зарегистрированной ошибки формируется поправка программы $\Delta c_v(n)$, которая подаётся на вход дискретного интегратора.

Корректировка программ в общем случае осуществляется по формуле

$$c_v(n) = c_{v-1}(n) + \Delta c_v(n) = c_{v-1}(n) + \gamma_v f\{\varepsilon_{v-1}(n)\}, n \in [0, N], v = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

где v — номер цикла корректировки; $c_v(n)$ — корректирующий сигнал; γ_v — коэффициент усиления в контуре адаптивной корректировки; $\varepsilon_{v-1}(n)$ — ошибка предшествующего цикла воспроизведения управляющей программы; $f\{\cdot\}$ — функция, определяемая этой ошибкой и обеспечивающая сходимость процесса её минимизации.

Ошибки изготовления деталей состоят из регулярной и случайной составляющих. Последняя является центрированной аддитивной. Источником её могут выступать как процесс обработки деталей сложной формы, так и ошибки автоматического измерения размеров последних. Целью адаптации является формирование корректирующего сигнала, обеспечивающего сведение к нулю регулярной составляющей ошибки. Для этого требуется сходимость процесса (см. формулу (1)).

Условия сходимости в области регулярной и случайной составляющих ошибки различны. В опубликованных работах рассматривались задачи обеспечения сходимости процессов как при отсутствии случайной составляющей ошибки, так и при её наличии.

При реализации контура адаптации на аналоговых средствах автоматики и вычислительной техники процесс адаптации сходится на первых циклах воспроизведения программ и неизбежно расходится в последующих [4].

В системах с квантованным по времени представлением информации имеются технические решения по обеспечению сходимости в условиях отсутствия помех, но и они обладают существенными недостатками. В работе [6] предложена адаптивная система, в которой в качестве формирователя корректирующего сигнала используется безынерционное динамическое звено. Но в этом техническом решении имеет место низкая скорость процесса адаптации.

Попытки обеспечения сходимости процесса адаптации в условиях помех были менее успешными. Так, например, в работе [7] показано, что при корректировке управляющей программы по формуле (1) в условиях случайных помех коэффициент усиления $\gamma_v(n)$ зависит от параметров помех. Для определения оптимального коэффициента усиления требуется трудоёмкий статистический анализ объекта управления, что на практике нерентабельно.

В решении задачи обеспечения сходимости процесса адаптации в условиях помех оказалось эффективным применение математического аппарата — метода стохастической аппроксимации.

Рекомендации по его использованию даны в работе [5]. Проблемы обеспечения сходимости порождаются тем обстоятельством, что условия сходимости для регулярной и случайной составляющих ошибки различны. Для обеспечения сходимости процесса (1) в условиях, когда регулярная и случайная составляющие возмущающего воздействия стационарны, коэффициент усиления в контуре адаптации должен удовлетворять требованиям

$$\sum_{v=1}^{\infty} \gamma_v = \infty; \quad (2)$$

$$\sum_{v=1}^{\infty} \gamma_v^2 < \infty. \quad (3)$$

Условие (2) относится к регулярной составляющей ошибки, а условие (3) — к случайной составляющей. Выполнение последнего требует бесконечного числа циклов корректировки с уменьшением в каждом цикле коэффициента усиления, что на практике нежелательно.

Основополагающим техническим решением в задачах обеспечения сходимости процесса адаптации как для регулярной, так и для случайной составляющих ошибки, явилось использование в адаптивном контуре системы обратной модели (ОМ) АТО.

В работе [8] показано, что в случае отсутствия помех можно обеспечить полную корректировку программы уже после одного цикла её воспроизведения. Для этого необходимо выполнить ОМ и АТО с помощью дискретной вычислительной техники и обеспечить ввод корректирующего сигнала с упреждением на один такт дискретного времени. Указанная ОМ должна удовлетворять следующему требованию: переходная характеристика комплекса из последовательно соединённых ОМ и АТО в дискретном времени имеет вид

$$h_k(n) = \begin{cases} 1 & \text{при } n \leq 1, \\ 0 & \text{при } n \geq 0, \end{cases} \quad (4)$$

где n — дискретное время.

Техническое решение дискретной ОМ, удовлетворяющей условию (4), было найдено на базе компьютерных технологий и защищено авторским свидетельством [9].

Обеспечение сходимости процесса в адаптивной системе с ОМ при наличии случайных возмущающих воздействий рассматривалось в работе [10]. Было предложено найти оптимальный

коэффициент усиления адаптивного контура для улучшения сходимости процесса (1). В качестве критерия оптимальности адаптивной системы принята минимизация среднего квадрата ошибки воспроизведения управляющей программы.

Для общей ошибки v -го цикла воспроизведения программы принято выражение:

$$\varepsilon_v(n) = \bar{\varepsilon}_v(n) + \tilde{\varepsilon}_v(n), n \in [0, N], \tag{5}$$

где $\bar{\varepsilon}_v(n)$ и $\tilde{\varepsilon}_v(n)$ – регулярная и случайная составляющие соответственно.

При решении задачи сходимости в качестве статистических характеристик регулярной и случайной составляющих зарегистрированных ошибок принимаются их среднеквадратичные значения на интервале цикла N . Поскольку случайная составляющая принимается аддитивной, между средним квадратом общей ошибки и средними квадратами её составляющих справедливо соотношение

$$M\{[\varepsilon_v(n)]^2\} = M\{[\bar{\varepsilon}_v(n)]^2\} + M\{[\tilde{\varepsilon}_v(n)]^2\},$$

$$n \in [0, N]. \tag{6}$$

Целью адаптивной корректировки управляющей программы её v -го цикла воспроизведения является минимизация среднеквадратичного зна-

чения ошибки последующего воспроизведения $M\{[\varepsilon_{v+1}(n)]^2\} \rightarrow \min$.

Для пояснения постановки задачи на рис. 1 представлена структурная схема системы с адаптивной корректировкой управляющих программ.

Работа системы состоит в следующем. Предполагается, что АТО является односвязным непрерывным объектом, но все приведённые на схеме сигналы рассматриваются в дискретном времени (являются решётчатыми функциями). Управляющая программа $x(n)$ циклически повторяется и не изменяется от цикла к циклу. Она же служит и для измерения ошибок обработанных деталей. Продолжительность программы – N тактов дискретного времени. Ошибки могут быть измерены как одновременно с выполнением программы (на прокатном стане), так и в промежутках между циклами (на металлорежущих станках).

В работе [10] найдено условие оптимальности коэффициента усиления γ_v в процессе (1) для обеспечения минимума среднего квадрата ошибки управляющей программы после её корректировки. Это условие определяется следующим соотношением между регулярной и случайной составляющими зарегистрированной ошибки воспроизведения программы

$$\gamma_{v+1} = \frac{M\{[\bar{\varepsilon}_v(n)]^2\}}{M\{[\bar{\varepsilon}_v(n)]^2\} + M\{[\tilde{\varepsilon}_v(n)]^2\}}. \tag{7}$$

В этой же работе указывается, что оптимальное значение коэффициента усиления, описываемое выражением (7), может быть определено и при отсутствии возможности измерения регулярной и случайной составляющих ошибки. Это достигается за счёт двукратного воспроизведения управляющей программы перед её корректировкой.

Важным показателем качества адаптивной системы является скорость сходимости процесса (1). Оптимизация коэффициента усиления по формуле (7) позволяет ускорить сходимость процесса адаптации при работе адаптивной системы в условиях случайных возмущающих воздействий. Но это ускорение недостаточно. Необходимость двукратного воспроизведения управляющей программы для осуществления одного шага её корректировки в 2 раза снижает скорость процесса адаптации.

Предполагается такое осуществление адаптивного контура системы, которое обеспечивает возможность адаптивной корректировки управляющей программы в каждом цикле её воспроизведения с выполнением условия оптимальности (7). Необходимость введения вспомогательных циклов воспроизведения программы при этом устраняется, что ускоряет процесс адаптации.

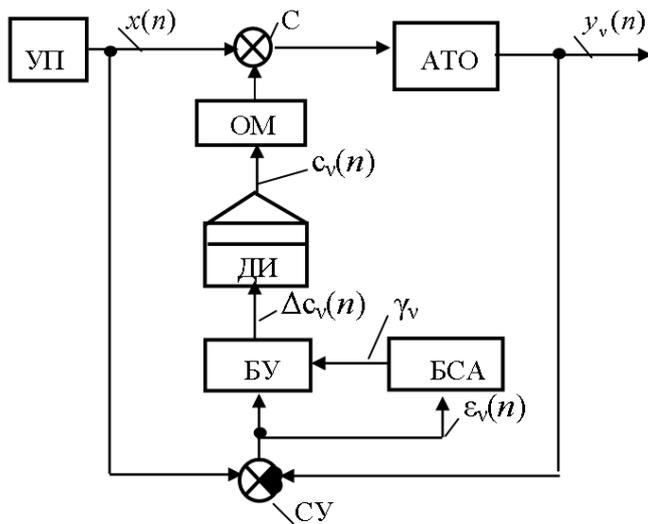


Рис. 1. Структурная схема адаптивной системы:

УП – управляющая программа; АТО – автоматизированный технологический объект; ОМ – обратная модель; ДИ – дискретный интегратор; БСА – блок статистического анализа; БУ – блок умножения; СУ – сравнивающее устройство; С – сумматор

Исходные данные и постановка задачи. Рассматривается вопрос ускорения сходимости процесса адаптации в системе, описанной в работе [10]. Входящая в систему ОМ выполнена таким образом, что импульсная переходная функция комплекса ОМ-АТО удовлетворяет требованиям (4). ОМ отличается от идеальной временным запаздыванием на один такт дискретного времени. Поэтому зарегистрированный сигнал ошибки подаётся на вход дискретного интегратора с опережающим временным сдвигом на ту же величину, т. е.

$$\Delta c_v(n) = \gamma_v \varepsilon_v(n+1). \tag{8}$$

Предположим, что в системе имеют место случайные возмущающие воздействия, которые приложены к точке измерения ошибки воспроизведения программы. Возмущающие воздействия являются аддитивными. Поэтому случайные составляющие ошибок соседних циклов воспроизведения программы удовлетворяют требованиям

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon}_v(n) &= \bar{\varepsilon}_{v-1}(n), \quad \tilde{\varepsilon}_v(n) \neq \tilde{\varepsilon}_{v-1}(n), \\ M\{\tilde{\varepsilon}_v(n)^2\} &= M\{\tilde{\varepsilon}_{v-1}(n)^2\}. \end{aligned} \tag{9}$$

Критерием оптимальности процесса адаптации является стремление к нулю среднего квадрата регулярной составляющей ошибки на всём интервале программы, т. е.

$$\lim_{v \rightarrow \infty} M\{\bar{\varepsilon}_v(n)^2\} = 0, \quad n \in [0, N]. \tag{10}$$

БСА предназначен для нахождения оптимального значения γ_{v+1} , обеспечивающего минимум среднеквадратичной ошибки воспроизведения программы после её корректировки по результатам анализа ошибок предыдущих воспроизведений в соответствии с условием (7).

Задачей данной работы является ускорение процесса адаптации в адаптивной системе (см. рис. 1) посредством исключения из алгоритма её работы вспомогательных проигрываний управляющей программы в промежутках между рабочими циклами воспроизведения. Эта задача решается разработкой такого БСА, входящего в адаптивную систему, для функционирования которого достаточно информация об ошибках воспроизведения управляющей программы в рабочих циклах. БСА должен обеспечить выполнение условия оптимальности (7). Требуется найти математическое описание вновь созданного БСА и предложить его структурную схему.

Решение задачи. Для упрощения задачи создания БСА с указанными требованиями преобразу-

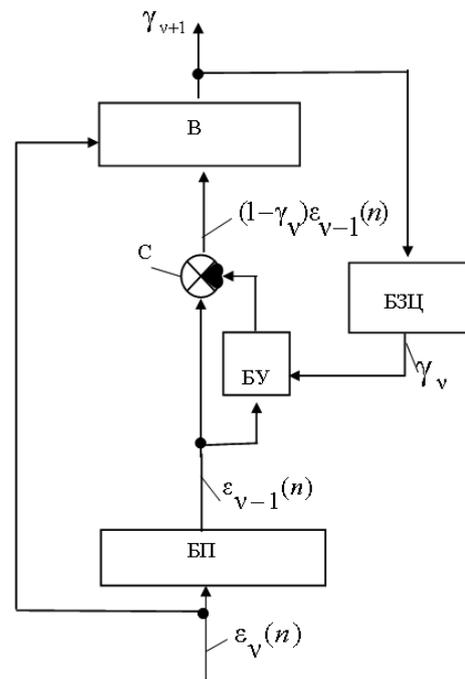


Рис. 2. Структурная схема блока статистического анализа:

БП – буферная память; В – вычислитель; БЗЦ – блок задержки на цикл; БУ – блок умножения; С – сумматор

ем запись условия оптимальности (7). После преобразований, с использованием соотношения (6), получим формулу для оптимального коэффициента усиления в адаптивном контуре

$$\gamma_{v+1} = 1 - \frac{M\{\tilde{\varepsilon}_v(n)^2\}}{M\{\varepsilon_v(n)^2\}}. \tag{11}$$

Сначала рассмотрим задачу определения численных значений входящих в выражение (11) средних квадратов при работе адаптивной системы. Эта задача выполняется с помощью БСА, структурная схема которого изображена на рис. 2. В состав БСА входят буферная память, элементы сравнения (сумматоры), блок умножения и вычислитель. БСА функционирует следующим образом.

Регистрируются ошибки двух предшествующих циклов воспроизведения программы. В промежутках между ними в дискретный интегратор вносится поправка в соответствии с выражением (8). Ошибка до корректировки, в соответствии с зависимостью (5), имеет вид

$$\varepsilon_{v-1}(n) = \bar{\varepsilon}_{v-1}(n) + \tilde{\varepsilon}_{v-1}(n), \tag{12}$$

а после корректировки преобразуется к виду

$$\varepsilon_v(n) = (1 - \gamma_v)\varepsilon_{v-1}(n) + \tilde{\varepsilon}_v(n), \quad (13)$$

где γ_v – коэффициент усиления в адаптивном контуре при v -м цикле воспроизведения программы.

В БСА формируется следующая разность между зарегистрированными ошибками:

$$\Delta\varepsilon_v = \varepsilon_v(n) - (1 - \gamma_v)\varepsilon_{v-1}(n).$$

Находим средний квадрат полученной разности с учётом соотношений (9, 12, 13):

$$\begin{aligned} M\{\Delta\varepsilon_v\}^2 &= M\{\varepsilon_v(n) - (1 - \gamma_v)\varepsilon_{v-1}(n)\}^2 = \\ &= M\{\tilde{\varepsilon}_v(n)\}^2 + M\{\tilde{\varepsilon}_{v-1}(n)\}^2 = 2M\tilde{\varepsilon}_v(n)^2. \end{aligned}$$

Из полученной зависимости находим выражение для среднего квадрата случайной составляющей ошибки при v -м воспроизведении программы:

$$M\{\tilde{\varepsilon}_v(n)\}^2 = \frac{M\{\varepsilon_v(n) - (1 - \gamma_v)\varepsilon_{v-1}(n)\}^2}{2}.$$

Подставив полученное значение среднего квадрата случайной составляющей ошибки в формулу (11), находим математическое описание для искомого БСА:

$$\gamma_{v+1} = 1 - \frac{M\{\varepsilon_v(n) - (1 - \gamma_v)\varepsilon_{v-1}(n)\}^2}{2M\{\varepsilon_v(n)\}^2}. \quad (14)$$

Реализация БСА с использованием в его числителе формулы (14) позволяет возможность находить оптимальный коэффициент усиления без промежуточных вспомогательных воспроизведений программы. При этом необходимо иметь информацию о коэффициенте усиления γ_v , использованном при корректировке программы в v -м цикле. Если же корректировки в этом цикле не было, то для обеспечения работоспособности БСА с формулой (14) необходимо принять коэффициент усиления предыдущего цикла равным нулю ($\gamma_v = 0$).

Экспериментальная часть. Полученные результаты подтверждены моделированием. Из анализа формул (11) и (14) следует, что получаемый коэффициент усиления может изменяться от 0 до 1 в зависимости от отношения случайной составляющей ошибки к регулярной. Например, при одинаковой интенсивности регулярной и случайной составляющих, когда $M\{\varepsilon_v(n)\}^2 = M\{\tilde{\varepsilon}_v(n)\}^2 \neq 0$, оптимальный коэффициент усиления равен 1/2. Если в зарегистрированных ошибках управления присутствует только случайная составляющая (т. е. $M\{\tilde{\varepsilon}_v(n)\}^2 \neq 0$ при

$M\{\tilde{\varepsilon}_v(n)\}^2 = 0$), то вычисленный коэффициент усиления равен нулю, а процесс адаптации заканчивается без внесения поправки в дискретный интегратор. В случае же присутствия только регулярной составляющей, т. е. при $M\{\tilde{\varepsilon}_v(n)\}^2 = 0$, коэффициент усиления равен единице, и процесс адаптации заканчивается после единственного внесения в дискретный интегратор значения зарегистрированной ошибки $\varepsilon_v(n)$. Такая ситуация может возникать как при первых циклах воспроизведения программы, так и при любых последующих.

Выводы. Использование ОМ совместно с предлагаемым способом подстройки коэффициента усиления адаптивного контура обеспечивает оптимальную корректировку программы в любых циклах её воспроизведения. Возмущающие воздействия при этом могут быть как стационарными, так и медленно изменяющимися во времени. Для получения статистических данных об ошибках не требуется проведения экспериментальных проигрываний программы, что ускоряет процесс адаптации в 2 раза.

Библиографические ссылки

1. **Ивахненко А.Г.** Техническая кибернетика. Киев: Гостехиздат УССР, 1959. 423 с.
2. **Перельман И.И.** Регулирование по принципу самоустанавливающейся программы // Автоматика и телемеханика. 1958. № 9. С. 813–823.
3. **Самонастраивающаяся** система программного управления станками А.Е. Кобринский, А.Ш. Колисков, Е.И. Левковский, В.Е. Попов, В.И. Сергеев // Вестник АН СССР. 1965. № 9. С. 52–57.
4. **Андрейчиков Б.И.** Динамическая точность систем программного управления станками. М.: Машиностроение, 1964. С. 242–267.
5. **Цыпкин Я.З.** Адаптация и обучение в автоматических системах. М.: Наука, 1968. 400 с.
6. **Перельман И.И.** Самонастраивающаяся программа как средство для получения заданной реакции на выходе линейного динамического объекта регулирования // Автоматика и телемеханика. 1958. № 4. С. 312–320.
7. **Перельман И.И.** Выбор оптимального коэффициента усиления в системе регулирования по самоустанавливающейся программе // Автоматика и телемеханика. 1959. № 2. С. 184–191.
8. **Клименко А.К.** О сходимости процессов адаптации в цифровых системах программного управления станками // Сб. «Адаптивные системы управления металлорежущими станками» / Под ред. А.Е. Кобринского. Сер. С-1. М.: НИИМАШ, 1971. С. 58–67.
9. **Клименко А.К., Клименко В.Г.** Корректирующее устройство. Авт. свид. СССР № 1406563. Бюл. № 24, 1988.
10. **Клименко А.К.** Об оптимизации коэффициента усиления в адаптивной системе с обратной моделью // Автоматика. Автоматизация. Автоматизированные комплексы и системы. 2006, № 2. С. 125–131.

УДК 004.67

С.С. Садыхов, д-р техн. наук, проф., **И.А. Сафиулова**, канд. мед. наук, **А.С. Белякова**
(Муромский институт, филиал Владимирского государственного университета)

asbelyakova@rambler.ru

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА И ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Исследована значимость параметров, используемых врачами-кардиологами для диагностики болезней сердца. Определены основные диагностические характеристики для различных групп пациентов.

Ключевые слова: диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы, параметры, математический факторный анализ, корреляция, артериальное давление, вариабельность, индекс времени, электрокардиограмма.

The importance of the parameters used by doctors-cardiologists for diagnostics of heart troubles is investigated. The basic diagnostic characteristics for various groups of patients are defined.

Key words: cardiovascular system diseases diagnostics, parameters, the mathematical factorial analysis, correlation, arterial pressure, variability, time index, the electrocardiogram.

Установлено, что в последние 40–50 лет около 50 % летальных исходов среди населения европейских стран вызвано сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ) [1]. Этот показатель в России составляет 57 % [2]. Поэтому разработка и исследование новых подходов, усовершенствование существующих, уменьшение влияния субъективных факторов на постановку диагноза ССЗ являются важными и актуальными.

При постановке кардиологического диагноза следует проанализировать около 200 показателей состояния сердца пациента и его организма в целом. Но во многих поликлиниках и больницах страны нет возможности получения и исследования такого количества показателей. Обычно врач-кардиолог ставит диагноз на основе собственных знаний и небольшого количества данных электрокардиограммы (ЭКГ), регистрации артериального давления и пульса, а также индивидуальных характеристик организма пациента, таких как возраст, вес и т. д. Поэтому на точность и своевременный диагноз существенно влияют субъективные факторы – опыт и знания врача.

Целью настоящей статьи является объективная оценка значимости параметров, используемых кардиологом при постановке диагноза ССЗ на основе математических методов и информационных технологий, а также выявление основных диагностических характеристик для различных групп людей (мужчин и женщин, работающих в различных условиях, при наличии факторов риска).

Объективная оценка и выбор наиболее значимых параметров для диагностики ССЗ, используемых кардиологами, осуществляются на основе факторного анализа данных, позволяющего вы-

явить необходимый минимум диагностических характеристик пациента.

Особенности факторного анализа состоят в следующем [3]. Пусть задана система переменных $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}$, $i = 1, \dots, N$, значения которых известны для каждого из N объектов. Исходную информацию представим в виде матрицы $X = x_{ij}$ размерностью $(N \times n)$. Элемент x_{ij} является результатом воздействия некоторого числа m гипотетических общих факторов и одного характерного фактора:

$$x_{ij} = a_{i1}f_{1j} + a_{i2}f_{2j} + \dots + a_{ir}f_{rj} + \dots + a_{im}f_{mj} + d_i v_{ij}, \quad (1)$$

$$i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, n, r = 1, \dots, m, m \ll n,$$

где a_{ir} – неизвестная факторная нагрузка – весовой коэффициент i -й переменной на r -м общем факторе; f_{rj} – значение r -го общего фактора на i -м объекте исследования; v_{ij} – значение j -го характерного фактора на i -м объекте исследования; d_i – нагрузка или весовой коэффициент j -й переменной на j -м характерном факторе; $d_i v_{ij}$ – остаток (невязка) или остаточный специфический фактор.

Размерности элементов $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}$ различны. Чтобы привести их к единой системе координат, осуществляется центрирование и нормирование:

$$x_{ij}^H = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} = \frac{x'_{ij}}{S_j}, \quad (2)$$

где x_{ij}^H – нормированное значение x_{ij} ; \bar{x}_j – выборочное среднее значение j -й переменной (признака);

x'_{ij} – центрированное значение j -й переменной на i -м объекте исследования; S_j – выборочная дисперсия j -й переменной,

$$S_j = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \sqrt{\sum_{j=1}^N x_{ij}^2}.$$

Все средние значения переменных x_{ij}^H равны нулю, а их дисперсии – единице [4], следовательно, $S_j = 1$. Тогда выражение (2) примет вид

$$x_{ij}^H = x_{ij} - \bar{x}_j. \tag{3}$$

После этих преобразований уравнение (1) выглядит следующим образом:

$$x_{ij}^H = a_{i1}f_{1j} + a_{i2}f_{2j} + \dots + a_{ir}f_{rj} + \dots + a_{im}f_{mj} + d_i v_{ij}. \tag{4}$$

Из выражения (4) следует, что наблюдаемые значения переменных являются линейными комбинациями ненаблюдаемых, гипотетических, непосредственно не измеряемых факторов. Таким образом, факторный анализ сводится к представлению матрицы X^H в виде линейной комбинации некоторого общего числа факторов m и одного характерного фактора для каждой j -й переменной.

На основе значений матрицы X^H получим корреляционную матрицу R , описывающую взаимосвязи между исследуемыми переменными. Коэффициенты взаимокорреляции определяются из выражения

$$r_{x_i^H x_j^H} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij}^H - \bar{x}_i^H)(x_{ji}^H - \bar{x}_j^H)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij}^H - \bar{x}_i^H)^2 \sum_{i=1}^n (x_{ji}^H - \bar{x}_j^H)^2}}, \tag{5}$$

где индекс i относится к объектам исследования, а индекс j – к переменным.

Коэффициент $r_{x_i^H x_j^H}$ является относительной величиной $-1 \leq r_{x_i^H x_j^H} \leq 1$, $i, j = 1, 2, \dots, n$. При этом сила связи между параметрами оценивается следующим образом:

$$\begin{cases} \left| r_{x_i^H x_j^H} \right| < 0,3 - \text{слабая}; \\ 0,3 \leq \left| r_{x_i^H x_j^H} \right| \leq 0,7 - \text{умеренная}; \\ \left| r_{x_i^H x_j^H} \right| > 0,7 - \text{сильная}. \end{cases} \tag{6}$$

На основе матрицы R определяется редуцированная матрица $R_h = r_{x_i^H x_j^H}^h$, отличающаяся от R диагональными элементами h_i^2 , рассчитываемыми с помощью среднего коэффициента корреляции по строке[4]:

$$h_i^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n r_{x_i^H x_k^H}, \quad i \neq k. \tag{7}$$

Используя полученную редуцированную корреляционную матрицу R_h , коэффициенты матрицы $A = a_{ir}$ определяют следующим образом:

1) рассчитывается сумма c_i элементов $r_{x_i^H x_j^H}^h$ по строке

$$c_i = \sum_{j=1}^n r_{x_i^H x_j^H}^h; \tag{8}$$

2) вычисляются значения a_{i1} путём деления c_i на максимальную из них:

$$a_{i1} = \frac{c_i}{c_{\max}}; \tag{9}$$

3) матрица R_h умножается на саму себя ($R_h^2 = R_h \cdot R_h$), и пп. 1 и 2 повторяют для получения a_{i2} ;

4) для проверки верности вычислений вводится переменная $q_i = R_h \cdot c_{i-1}$, $i \neq 1$ (если $q_i = c_i$, $i \neq 1$, тогда расчёт осуществляется правильно);

5) процесс вычисления элементов a_{ir} повторяется до тех пор, пока $a_{ir} - a_{ir+1} \geq 0,005$.

Анализируя полученные значения элементов матрицы A по каждому фактору с учётом уровня значимости p , определяют общие и генеральные факторы, являющиеся линейной комбинацией исследуемых переменных. Связь считается сильной, если

$$p \geq 0,7, \tag{10}$$

при меньших значениях p связь выражена слабо. Фактор называется генеральным, если все его нагрузки значительно отличаются от нуля. Если две нагрузки и более отличны от нуля, то фактор является общим.

Затем определяются собственные значения факторов как сумма квадратов всех компонентных нагрузок по столбцу:

$$v_r = \sum_{r=1}^n a_{ir}^2. \tag{11}$$

Согласно критерию Кайзера фактор считается значимым, если [4]

$$v_r > 1. \tag{12}$$

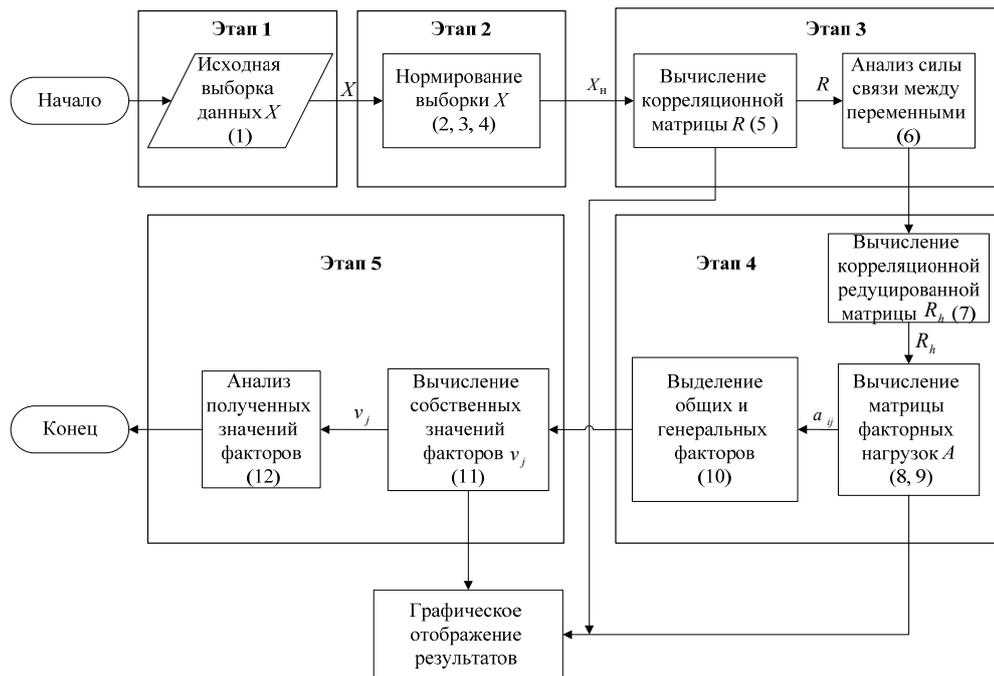


Рис. 1. Блок-схема факторного анализа

На основе полученных результатов делается вывод о значимости выделенных факторов и их вкладе в формирование каждой из исследуемых переменных.

На рис. 1 приведена блок-схема алгоритма факторного анализа.

Этап 1. Общий объём анализируемой выборки составляет результаты обследования 2400 человек в кардиологическом отделении больницы г. Мурома, Владимирской области. Исходные данные были разделены на группы по возрасту, полу, условиям труда (горячие и холодные цехи) и наличию стрессовых факторов: *группа 1* – мужчины от 20 до 40 лет; *группа 2* – мужчины от 41 до 60 лет; *группа 3* – мужчины старше 60 лет; *группа 4* – женщины от 20 до 40 лет; *группа 5* – женщины от 41 до 60 лет; *группа 6* – женщины старше 60 лет; *группа 7* – мужчины от 35 до 55 лет, работающие в холодных цехах; *группа 8* – женщины от 30 до 50 лет, работающие в холодных цехах; *группа 9* – мужчины от 35 до 55 лет, работающие в горячих цехах; *группа 10* – женщины от 30 до 50 лет, работающие в горячих цехах; *группа 11* – мужчины от 35 до 60 лет, подверженные частому влиянию стрессовых факторов; *группа 12* – женщины от 30 до 55, подверженные частому влиянию стрессовых факторов. Выбор возрастного диапазона пациентов для исследования влияния факторов риска осуществлён в основном в зависимости от пенсионного возраста.

В качестве исследуемых используются традиционные показатели состояния сердечно-сосуди-

стой системы (ССС), получаемые в ходе диспансерных обследований:

1) индивидуальные характеристики пациента: возраст, пол, индекс массы тела (ИМТ), конституционный тип (астеник, нормостеник, гиперстеник), частота сердечных сокращений (ЧСС);

2) параметры ЭКГ (P, PQ, QRS, QT) (рис. 2). Обследование выполнено с помощью программно-технического комплекса «Миокард 12»;

3) параметры суточного мониторинга артериального давления (АД). Обследование выполнено с помощью суточного монитора АД «BPLab».

Процесс выполнения факторного анализа рассматривается на выборке пациентов группы 1, состоящей из 200 записей. Анализируемые параметры обозначены следующим образом:

x_{i1} – значение возраста, полных лет;

x_{i2} – значение среднесуточного систолического АД (САД), мм рт. ст.;

x_{i3} – значение среднесуточного диастолического АД (ДАД), мм рт. ст.;

x_{i4} – значение индекса времени САД, %;

x_{i5} – значение индекса времени ДАД, % (индекс времени определяет процент времени, в течение которого величины САД и ДАД, превышают критический уровень [5]);

x_{i6} – значение варибельности САД, %;

x_{i7} – значение варибельности ДАД, % (варибельность САД – стандартное отклонение от среднего значения САД, варибельность ДАД –

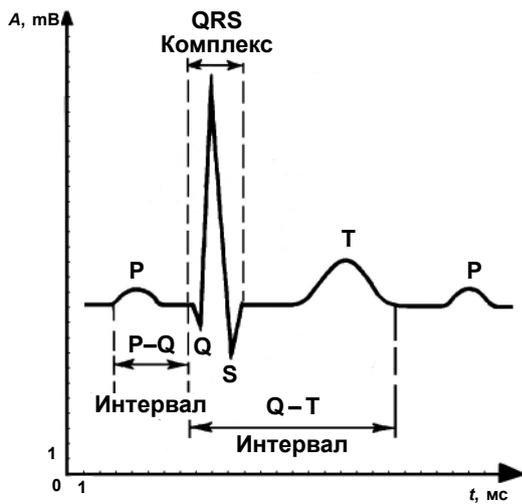


Рис. 2. Элементы ЭКГ сигнала

стандартное отклонение от среднего значения ДАД [5]);

$x_{i8}, x_{i9}, x_{i10}, x_{i11}$ – P, PQ, QRS, QT, с соответственно;

x_{i12} – ИМТ, кг/м² [5]:

$$x_{i12} = \frac{w_i}{h_i^2},$$

где w – масса тела, кг; h – рост, м;

x_{i13} – конституционный тип (нормостеник, астеник, гиперстеник);

x_{i14} – частота сердечных сокращений, уд./мин (значениям параметра x_{i13} даются оценки в баллах [5]: нормостеник – 1 балл, астеник – 2 балла, гиперстеник – 3 балла).

Фрагмент выборки исходных данных для анализа величин $X_H = x_{ij}^H$ представлен в табл. 1.

Этап 2. Для проведения дальнейшего анализа исходную выборку (см. табл. 1) необходимо привести к одному масштабу, используя выражение (3). В результате получим нормированную матрицу $X^H = x_{ij}^H$ (табл. 2)

Этап 3. На основе значений матрицы $X^H = x_{ij}^H$ вычисляется матрица корреляций R (5) и определяется, между какими переменными существуют сильно $|r_{x_i^H x_j^H}| > 0,7$ (табл. 3) и средневыраженные

$0,3 \leq |r_{x_i^H x_j^H}| \leq 0,7$ взаимосвязи (табл. 4).

Связи между остальными параметрами также присутствуют, однако являются выраженными слабо $|r_{jk}| < 0,3$.

Этап 4.

а) вычисление редуцированной матрицы R_h . На основе матрицы корреляций R вычислена редуцированная матрица R_h (7), диагональные элементы которой представлены в табл. 5;

б) вычисление факторных нагрузок, выделение скрытых факторов. В табл. 6 приведены факторо-

Таблица 1

Исходная выборка данных, группа 1

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
1	38	131	83	32	18	17	17	0,070	0,150	0,090	0,380	23,000	1,000	99,000
2	30	124	74	29	15	14	17	0,110	0,210	0,100	0,440	39,000	3,000	101,000
3	26	124	77	38	18	16	15	0,110	0,140	0,110	0,370	33,000	3,000	70,000
...
199	40	129	77	27	19	14	11	0,070	0,170	0,080	0,370	29,000	3,000	94,000
200	26	121	71	35	15	13	14	0,080	0,110	0,080	0,340	30,000	3,000	67,000

Таблица 2

Нормированная выборка данных, группа 1

	x_1^H	x_2^H	x_3^H	x_4^H	x_5^H	x_6^H	x_7^H	x_8^H	x_9^H	x_{10}^H	x_{11}^H	x_{12}^H	x_{13}^H	x_{14}^H
1	1,280	1,049	1,106	0,957	1,082	1,134	1,131	0,860	0,903	1,167	0,151	0,639	0,375	1,255
2	1,010	0,993	0,986	0,867	0,902	0,934	1,131	1,352	1,264	1,297	0,175	1,083	1,124	1,280
3	0,876	0,993	1,026	1,136	1,082	1,068	0,998	1,352	0,843	1,427	0,147	0,917	1,124	0,887
...
199	1,347	1,033	1,026	0,807	1,143	0,934	0,732	0,860	1,023	1,038	0,147	0,806	1,124	1,191
200	0,876	0,969	0,946	1,046	0,902	0,868	0,931	0,983	0,662	1,038	0,135	0,833	1,124	0,849

Таблица 3

Сильно взаимосвязанные переменные, группа 1

№ п/п	1	2	3	4	5	6
Переменные	$r_{x_1^H x_2^H}$	$r_{x_1^H x_3^H}$	$r_{x_1^H x_4^H}$	$r_{x_2^H x_3^H}$	$r_{x_5^H x_6^H}$	$r_{x_8^H x_{10}^H}$
Значение	0,907	0,784	-0,806	0,868	0,864	0,763

Таблица 4

Средне взаимосвязанные переменные, группа 1

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Переменные	$r_{x_1^H x_{11}^H}$	$r_{x_2^H x_4^H}$	$r_{x_2^H x_6^H}$	$r_{x_2^H x_{11}^H}$	$r_{x_3^H x_4^H}$	$r_{x_3^H x_6^H}$	$r_{x_4^H x_5^H}$	$r_{x_5^H x_7^H}$	$r_{x_6^H x_7^H}$	$r_{x_8^H x_9^H}$	$r_{x_9^H x_{10}^H}$	$r_{x_{11}^H x_{13}^H}$	$r_{x_{12}^H x_{13}^H}$
Значения	-0,381	-0,607	0,358	-0,324	-0,526	0,315	0,508	0,454	0,558	0,416	0,547	-0,438	0,621

Таблица 5

Диагональные элементы

h_1^2	h_2^2	h_3^2	h_4^2	h_5^2	h_6^2	h_7^2	h_8^2	h_9^2	h_{10}^2	h_{11}^2	h_{12}^2	h_{13}^2	h_{14}^2
0,606	0,617	0,589	0,589	0,495	0,551	0,464	0,492	0,506	0,481	0,519	0,463	0,478	0,461

образующие факторные нагрузки показателей (8), (9), входящие в состав соответствующего комплексного фактора и несущие смысловую нагрузку (10).

С помощью табл. 6 выделено четыре скрытых фактора, значения которых удовлетворяют выражению (10): фактор 1 является линейной комбинацией переменных x_1 – возраст, x_2 – САД, x_3 – ДАД и x_4 – индекс времени САД; фактор 2 отражает переменные x_5 – индекс времени ДАД, x_6 – вариабельность САД; фактор 3 отвечает за параметры ЭКГ x_8 – P, x_9 – PQ, x_{10} – QRS; фактор 4 объединяет x_{12} – индекс массы тела и x_{13} – конституционный тип.

Полученные результаты для группы 1 показали, что наиболее значимыми параметрами состояния ССС являются показатели артериального давления x_2 , x_3 , x_4 , повышенная масса тела x_{12} , x_{13} , возраст x_1 .

Этап 5.

а) вычисление собственных значений факторов. Собственное значение каждого из факторов представляет значение дисперсии, обусловленной действием этого фактора, и рассчитывается согласно выражению (11) (табл. 7);

б) анализ полученных собственных значений факторов. По табл. 7 с учётом уравнения (12) выделено четыре фактора, имеющих значения 3,634; 2,820; 2,469; 1,491 соответственно. Факто-

Таблица 6

Факторные нагрузки ($\rho \geq 0,7$)

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
x_1	0,969	-0,162	0,035	0,001
x_2	0,953	0,227	0,030	0,037
x_3	0,893	0,207	0,043	0,013
x_4	-0,750	0,522	-0,055	-0,068
x_5	-0,028	0,918	-0,023	0,036
x_6	0,114	0,942	-0,005	0,077
x_7	-0,030	0,696	0,019	-0,002
x_8	-0,172	-0,049	0,846	-0,213
x_9	0,233	0,068	0,743	-0,068
x_{10}	0,123	-0,025	0,915	0,006
x_{11}	-0,381	0,096	0,194	-0,579
x_{12}	-0,139	0,065	-0,086	0,825
x_{13}	0,091	0,078	-0,087	0,868
x_{14}	0,191	0,325	0,235	0,296

ры 5–14 не являются значимыми, поэтому они опускаются. Графически факторы представлены на рис. 3.

По указанной выше методике выявлены значимые факторы для диагностики остальных групп пациентов. Полученные результаты для

Таблица 7

Собственные значения полученных факторов, группа 1

Фактор	Собственные значения	Дисперсия	% от общей дисперсии	Накопленная дисперсия
1	3,634	25,954	3,634	25,954
2	2,820	20,142	6,454	46,096
3	2,469	17,639	8,923	63,735
4	1,491	10,651	10,414	74,386
5	0,984	7,032	11,399	81,418
6	0,765	5,461	12,163	86,879
7	0,639	4,564	12,802	91,444
8	0,396	2,825	13,198	94,269
9	0,310	2,213	13,507	96,481
10	0,189	1,351	13,696	97,832
11	0,159	1,133	13,855	98,964
12	0,106	0,757	13,961	99,722
13	0,037	0,267	13,998	99,989
14	0,002	0,011	14,000	100,000

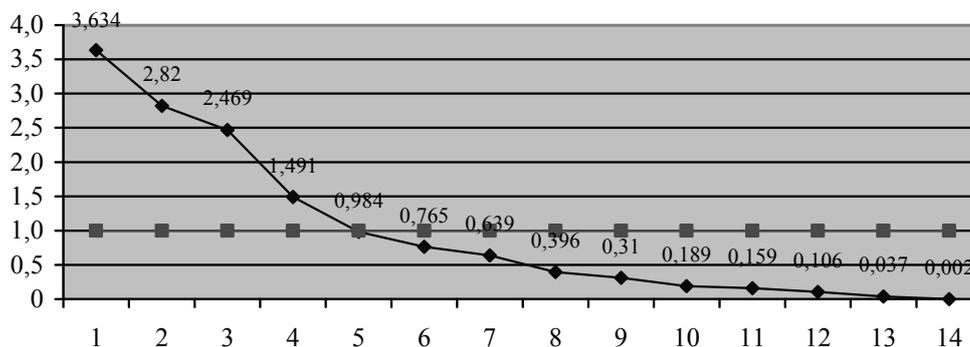


Рис. 3. График собственных значений факторов, группа 1:

◆ – значения факторов, группа 1; ■ – уровень значимости

2400 пациентов представлены в табл. 8. Параметры, принадлежащие одному фактору, имеют одинаковое значение в ячейках таблицы. Чем больше значение в ячейке, тем большую значимость имеет данный параметр при диагностике состояния ССС для данной группы пациентов.

Заключение. Результаты исследования по объективной оценке параметров при диагностике ССЗ у 2400 пациентов показали:

для всех исследуемых групп основными диагностическими параметрами являются показатели АД (x_2 – x_7), наличие ожирения (x_{12} , x_{13}). У всех исследуемых пациентов наблюдалась связь этих

характеристик с параметром «возраст» (x_1). Параметры ЭКГ (x_8 – x_{11}) выражены менее ярко;

у пациентов женского пола всех групп выявлена зависимость между характеристиками работы сердца и наличием лишнего веса;

для групп 1–3 наибольшую значимость имеют параметры САД (x_2), ДАД (x_3), индекс времени САД (x_4) и ДАД (x_5);

на группы 2, 4, 6 выраженное влияние оказывают параметры САД (x_2) и ДАД (x_3), имеющие сильную связь с параметрами «индекс массы тела» (x_{12}) и «конституционный тип» (x_{13});

для людей, работающих в холодных цехах (группы 7, 8), параметры ЭКГ (x_8 – x_{11}) и ЧСС

Таблица 8

Результаты выделения скрытых факторов для групп 1–12

Группа	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	Итого
1	4	4	4	4	3	3		1	1	1	2	2	2		31
2	3	4	4	3	3	3	2	2	1	3	1	2	2	2	35
3	3	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	2	2	1	36
4	2	4	4	4	3	3	3		1	1	2	3	3	1	34
5	3	4	4	3	3	3	2	1	2	3	1	3	3	2	37
6	3	4	4	4	3	3	3	1	1	2	3	3	3	1	38
7	3	4	4	3	3	2	3	3	2	1	2	2	2	3	37
8	3	4	4	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	37
9	3	4	4	4	4	3	3	2	3	2	2	1	1	3	39
10	3	4	4	3	3	3	3	2	2	1	1	3	3	3	38
11	3	4	4	4	3	1	1	3	3	2	2	3	3	2	38
12	3	4	4	3	3	3	1	3	2	3	3	3	3	2	40
Итого	36	48	48	42	36	32	27	23	22	23	22	29	29	23	

(x_{11}) являются наиболее изменёнными по сравнению со значением этих показателей у остальных пациентов;

для людей, работающих в горячих цехах (группы 8, 10), характеристики САД (x_2), ДАД (x_3), вариабельность САД (x_6), ДАД (x_7) и ЧСС (x_{14}) имеют большее значение по сравнению с параметрами ЭКГ (x_8-x_{11});

для людей, подвергающихся частому влиянию стрессовых факторов (группы 11, 12), значительным изменениям подвержены показатели САД (x_2), ДАД (x_3), вариабельность САД (x_6) и ДАД (x_7);

наиболее ярко выраженные взаимосвязи между параметрами работы сердца выявлены у групп 9, 12;

наименее сильные связи между характеристиками ССС у групп 1, 4.

В целом, используемые врачами-кардиологами параметры являются объективными и значимыми для оценки ССЗ.

Библиографические ссылки

1. **Белякова А.С.** Основные признаки оценки состояния сердечно-сосудистой системы. Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сб. науч. ст. Вып. 14. М.: Центр информационных технологий в природопользовании, 2009. С. 24–29.
2. **Российский** статистический ежегодник. 2009: стат. сб. / Росстат. М.: 2009. 795 с.
3. **Харман Г.** Современный факторный анализ. Статистика. М.: 1972. 221 с.
4. **Иберла К.** Факторный анализ. М.: Статистика, 1980. 394 с.
5. **Национальные** клинические рекомендации. М.: Меди Экспо, 2009. 373 с.

Уважаемые авторы и читатели журнала!

В соответствии с решениями президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал «Автоматизация и современные технологии» включён в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней кандидата и доктора наук.



УДК 658.512

П. Бетсис, Т. Толмачёва (ООО «Сиско системс», г. Москва)

apalladi@cisco.com

**РОЛЬ ТРАНСНАЦИОНАЛЬНЫХ КОРПОРАЦИЙ
В РАЗВИТИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ**

Дается анализ роли транснациональных компаний в развитии инновационной экономики отдельных стран и целых регионов.

Ключевые слова: инновационная экономика, транснациональная корпорация, исследования и разработка, инвестиции.

The analysis of the transnational companies role in the innovative economy development of the separate countries and the whole regions is given.

Key words: innovative economy, transnational corporation, researches and developments, investment.

Тема создания инновационной экономики и управления инновациями востребована в России с 2006 г., когда в ежегодном Обращении к Федеральному собранию Президент РФ В.В. Путин подчеркнул необходимость создания инновационной среды. Позже был провозглашён курс на создание инновационной экономики, освобождение от сырьевой зависимости и технологическую модернизацию. Инновации как важная часть модернизации современной России обозначена в «Стратегии 2020».

Не дань моде, а требование времени. Инновации как новая экономическая категория изучаются с начала XX в., но только во второй половине прошлого столетия теоретические наработки инноватики (науки о нововведениях) получили своё практическое воплощение в наиболее развитых в экономическом отношении странах мира.

В XXI в. уже никто не подвергает сомнению то, что на современном этапе развития именно инновационная экономика может обеспечить устойчивый экономический рост и мировое экономическое превосходство страны. По мнению экспертов Всемирного экономического форума, в индексе роста конкурентоспособности стран «новаторов», среди которых США, Япония, Южная Корея, Канада, Сингапур, доля инновационной составляющей оставляет 1/2, тогда как у остальных — не более 1/3. Есть немало примеров того, как высокие технологии и нововведения способствовали быстрому взлёту отсталых в индустриальном отношении стран. Поэтому развитие инноваций стало важной задачей многих го-

сударств, регионов, а также транснациональных корпораций. Россия — не исключение.

Выделяют шесть ключевых составляющих инновационной экономики, определяющих основные направления ее развития: образование, науку, человеческий капитал, инновационную систему (законодательную и инфраструктурную базу), инновационную промышленность и благоприятную среду функционирования человеческого капитала.

Существуют различные методические подходы к оценке уровня развития инновационной экономики, в частности методика оценки индекса научно-технического потенциала Всемирного экономического форума, система показателей оценки инновационной деятельности Комиссии европейских сообществ, система индикаторов Организации экономического сотрудничества и развития и др.

Роль корпоративных инноваций в развитии национальной инновационной экономики. Все методики оценки инновационного потенциала или уровня развития инновационной экономики выделяют такой количественный признак инновационной экономики, как доля инновационных предприятий и инновационных продуктов в общем объёме производства или в структуре внешней торговли. И это не случайно. Корпорации играют значительную роль в развитии инновационной экономики. Государственные инвестиции в инновации не могут сравниться с корпоративными по объёму затрат, численности научных кадров, количеству получаемых патентов, потоку

Таблица 1

Доля затрат корпораций на R&D в общем объёме национальных НИОКР

Страна	Доля затрат, %
Япония	77
США	65
Германия	68
Китай	69
Россия	29

Источник: OECD, Main Science and Technology Indicators. April 2008.

технических новинок в виде продуктов, процессов и услуг. По данным экспертов, в большинстве развитых стран доля затрат корпораций на исследования и разработки (в литературе также используется сокращение R&D от английского Research & Development) в общем объёме национальных НИОКР превышает 65 %. К сожалению, Россия по этому показателю пока значительно отстаёт от многих других стран (табл. 1). Причина – в самих российских предприятиях: им не хватает потенциала для инновационной деятельности и освоения инноваций, их связи с государственными научными организациями и университетами недостаточно сильны, и, самое главное, лёгкий доступ к ресурсным рентам снижает стимул к инновационной деятельности.

В последние годы наблюдается рост расходов крупного российского бизнеса на R&D. Тем не менее, масштабы отставания России в качестве и глубине инновационных процессов весьма серьёзны: доля инновационной продукции в выручке уступает лидерам почти в три раза (табл. 2).

Международный опыт показывает, что важным условием развития инновационной экономики

является смещение «центра тяжести» национальной инновационной стратегии от государственных инвестиций к стимулированию корпоративных инвестиций в инновации.

Например, по данным инвестиционного исследования Европейского Союза (The EU Industrial R&D Investment Scoreboards), в 2009 г. общий объём корпоративных инвестиций в НИОКР, осуществлённый крупнейшими 1400 компаниями мира, превысил 402 млрд. евро. Исследование также продемонстрировало, что интенсивность инвестиций в исследования и разработки сохраняется даже в периоды кризиса. Из обследованных 100 компаний почти половина (46 корпораций) увеличили объём расходов на НИОКР, из них почти половина (19 компаний) – более чем на 10 %. 85 % глобальных компаний, опрошенных McKinsey, относят инновации к исключительно важным факторам своей корпоративной стратегии экономического роста.

Крупнейшими инновационными регионами сегодня являются США, Западная Европа и Япония. На них приходится 93 % всех мировых корпоративных инвестиций в исследования и разработки. В число 50 крупнейших инновационных компаний мира входят 19 американских, 18 европейских и 12 японских корпораций. В последние годы к лидерам старается приблизиться ряд развивающихся (прежде всего, азиатских) стран: Китай, Индия, Южная Корея, Тайвань. Так, в 2010 г. в составленный Bloomberg Businessweek список «50 крупнейших инновационных компаний» вошли 11 компаний с развивающихся рынков, в том числе 4 китайские корпорации (BYD, Haier Electronics, China Mobile, Lenovo), 3 южнокорейские (Hyundai Motor, Samsung Electronics, LG Electronics) и 2 индийские – Tata Group и Reliance Industries. Можно ожидать, что доля азиатских компаний в рейтинге инновационных компаний будет только расти.

Таблица 2

Некоторые показатели инновационной активности России и ЕС

Показатель	Россия	Группа инновационных лидеров
Доля работников, занятых в инновационно активных организациях, %	36	52
Доля выручки инновационно активных организаций в общей выручке, %	48	83
Доля высокотехнологичной продукции в экспорте промышленности, 2006 г., %	9	20
Доля инновационной продукции в выручке, 2004 г., %	5,5	16,1

Источники: European Innovation Scoreboard 2007, Евростат

По данным ООН, на развивающихся рынках работает порядка 21,5 тыс. транснациональных корпораций. Для них развивающиеся рынки – источник экономического роста и качественная база научно-технических талантов. Транснациональные корпорации ожидают, что около 70% мирового экономического роста в течение следующих нескольких лет будет, главным образом, обеспечено развивающимися рынками, причём 40 % придется на Индию и Китай.

Практически все крупнейшие транснациональные корпорации стали переводить свои исследования и разработки в развивающиеся страны. Например, крупные R&D-центры в индийском городе Бангалор имеют General Electric, Cisco, Intel, Huawei, P&G, Nokia и др. Для Microsoft R&D-центр в Пекине является крупнейшим после американской штаб-квартиры в Редмонде. Нарастают штат специалистов в развивающихся странах и другие компании. Например, четверть всего штата сотрудников Accenture базируется в Индии.

Всё это не случайно. Глобализация оказывает всё большее давление и на развитие инноваций, конкуренцию между ними как на национальном, так и на международном уровнях. Глобальная конкуренция вызывает значительное сокращение жизненного цикла товара, в то время как растущая технологическая интеграция способствует удорожанию инноваций и повышению их рискованности. Именно поэтому транснациональные компании начали выносить наукоёмкие функции на международный уровень. Одновременно с этим инновационные процессы в компаниях становятся всё более открытыми при более активном сотрудничестве с иностранными партнерами – поставщиками, клиентами, университетами и т. д. Бизнесу приходится открывать инновационные процессы и использовать внешний мир для усиления собственного инновационного потенциала.

Развивающиеся рынки стали не только источником дешёвой рабочей силы, но и родиной прорывных инноваций, которые потом экспортируются на Запад. Это, в свою очередь, кардинально изменило структуру инновационных потоков: центр этого процесса переместился с Запада на Восток.

Одним из факторов успешности транснациональных компаний на развивающихся рынках является их способность не только продавать, но и внедрять нововведения. Это возможно делать не столько через локализацию продуктов и услуг, сколько через развитие совершенно новых бизнес-моделей, поддерживающих распределённую систему ведения бизнеса. Полицентрическая модель инновационной политики, когда инновации рождаются не только в штаб-квартире корпора-

ции, но и других географических точках присутствия, в зависимости от корпоративной культуры и стратегии выхода на рынок, приобретает всё большую популярность среди корпораций. Яркий пример передовых технологических транснациональных корпораций – Cisco.

Инновационная стратегия Cisco. Компания Cisco Systems была основана в 1984 г. двумя учеными-компьютерщиками из Стэнфордского университета. Сегодня Cisco является признанным лидером мировой индустрии в таких сегментах, как маршрутизация, коммутация, унифицированные коммуникации, беспроводная связь и информационная безопасность. Cisco стала инициатором многих исторических перемен в сфере технологий, сыграв роль катализатора перехода всей отрасли на IP-технологии. И теперь, когда этот процесс стал необратимым, Cisco по-прежнему находится в самой гуще перемен, переживаемых мировой системой коммуникаций. Услуги и решения Cisco используются для создания компьютерных сетей, позволяющих частным лицам, компаниям и даже целым странам повысить производительность труда, улучшить качество предоставляемых услуг, укрепить конкурентоспособность.

По данным регулярного рейтинга The Global Innovation 1000, составляемого Европейской комиссией (The EU Industrial R&D Investment Scoreboards 2010), Cisco входит в список 20 крупнейших инновационных компаний мира. Корпорация работает в группе высокотехнологичных отраслей с самой высокой степенью интенсивности НИОКР, где соотношение затрат на исследования и разработки к объёмам продаж превышает 5 %. Сознывая, что новаторство во многом определяет успех бизнеса, последние 5 лет Cisco ежегодно расходует на R&D в среднем около 14 % своей выручки. В 2010 финансовом году общий объём её инвестиций на НИОКР составил почти 5,3 млрд дол., в том числе 300 млн дол. – на исследования и разработки в области информационной безопасности. Вклад же Cisco в общий объём инвестиций в исследования и разработки в США составляет примерно 3 %.

Патентное бюро США совместно с газетой «Уолл-стрит джорнэл» четыре последние года подряд отдаёт Cisco первое место в ежегодном списке компаний отрасли связи и информационных технологий по числу полученных патентов (1190) и по общему потенциалу корпоративного патентного портфеля с учётом количественных и качественных показателей.

Компания Cisco имеет широкую сеть центров исследований и разработок по всему миру, которая насчитывает 1110 лабораторий и 12 тыс. исследователей и разработчиков. Среди её крупней-

ших RgD-центров – центры в Бангалоре (Индия) и Китае.

При этом Cisco не только активно ведёт собственные исследования, но и укрепляет взаимовыгодные отношения с внешними исследовательскими центрами. Компания построила собственный технологический центр (Cisco Technology Center), который стал инкубатором новаторских идей. Здесь активно поощряется коммерческое развитие новых стратегических технологий и рынков. Вместе с отделом академических исследований и технологических инициатив Cisco ARTI (Academic Research and Technology Initiatives) центр стремится максимально эффективно использовать текущие академические исследования, расширять круг источников новых идей и поощрять новаторство.

Cisco ведёт новаторскую работу по нескольким направлениям: разрабатывает новые технологии, дорабатывает уже созданные и способствует распространению новых технологий на рынке. Эта её деятельность включает также быструю и эффективную интеграцию приобретённых компаний (с 1993 г. Cisco приобрела более 150 компаний), внедрение новых бизнес-моделей, развитие партнёрских отношений с другими компаниями и организациями.

Компания уделяет большое внимание разработке, передаче и внедрению технологий с целью создания совместных научно-исследовательских центров и программ, а также перекрёстному лицензированию с другими корпорациями (в том числе с конкурентами).

Всё это даёт Cisco возможность играть заметную роль не только в общей мировой экономике, но и в инновационной экономике регионов своего присутствия. Инвестиционная стратегия Cisco поддерживает экономическое развитие и стимулирует развитие инноваций и в России.

Инновационная стратегия Cisco в России. Инвестиционная стратегия Cisco в России охватывает широкий спектр направлений, в том числе:

- инвестиции в новаторский потенциал,
- венчурное инвестирование,
- участие в проекте «Сколково» и развитие R&D-центра,
- локализация производства,
- программы кредитования и лизинга,
- инвестиции в партнерские программы,
- различные долгосрочные инициативы по развитию и модернизации ИТ-образования.

Вышеизложенное вытекает из договорённостей, достигнутых в июне 2010 г. на встрече Президента Российской Федерации Дмитрия Медведева с председателем совета директоров, главным исполнительным директором компании Cisco Джоном Чемберсом (John Chambers). Они обсудили пер-

спективы сотрудничества в поддержку российской программы технологических инноваций, и в результате руководство компании Cisco пообещало инвестировать 1 млрд дол. в развитие предпринимательства и устойчивых инноваций в РФ.

Развитие инновационно-предпринимательской среды и формирование новаторского потенциала – важное направление деятельности Cisco в России. С этой целью компания работает сразу в нескольких направлениях:

1. Образовательные и развивающие программы, направленные на повышение квалификации российских ИКТ-специалистов и сокращение дефицита таких специалистов, а также на получение знаний и навыков для открытия и ведения собственного технологического бизнеса (ежегодные конференции Cisco Expo, дополняющая их постоянно действующая программа Cisco Expo Learning Club, программа Сетевых академий Cisco, Институты предпринимательства Cisco и др.).

2. Конкурсы, направленные на развитие инновационной культуры, технологического предпринимательства и инноваций (премия инноваций Сколково при поддержке I-Prize, конкурс бизнес-проектов «Результат от инноваций» (ROI), региональные конкурсы БИТ, конкурсы при поддержке Moscow Business School и др.).

Обучающие и развивающие программы Cisco помогают появлению в России ИКТ-специалистов международного уровня и нового поколения предпринимателей, работающих в области технологий. Эти программы вносят ощутимый вклад в решение проблемы нехватки специалистов по сетевым технологиям, способствуют формированию среды, обеспечивающей успешную деятельность молодых технологических компаний в партнерстве с российским венчурным сообществом. В конечном итоге такие специалисты вносят большой вклад в развитие страны и инновационной экономики.

Вот лишь несколько фактов, характеризующих масштаб вышеупомянутых программ Cisco.

С 2000 г. в Москве ежегодно проводятся конференции по информационным и телекоммуникационным технологиям Cisco Expo, со временем превратившиеся в крупнейшее ИКТ-событие на территории СНГ.

В феврале 2009 г. Cisco объявила уникальную образовательную инициативу (действует только в России и других странах СНГ) под названием Cisco Expo Learning Club. Проект представляет собой цикл бесплатных обучающих мероприятий, образовательных семинаров и акций, подготовленных Cisco и её партнерами, при этом используется инновационное решение Cisco WebEx, позволяющее проводить интерактивное онлайн-обучение в реальном времени. За три года этот клуб

превратился в самый масштабный постоянно действующий институт повышения квалификации ИТ-специалистов на территории СНГ: к настоящему времени его численность превысила 7850 человек, проживающих в 100 с лишним населённых пунктах России и сопредельных государств.

В мае 2010 г. завершился конкурс «Премия инноваций Сколково при поддержке Cisco I-PRIZE», организованный компанией Cisco и Фондом «Сколково» с целью стимулировать новаторские разработки в России. На конкурс поступило 2318 идей от более чем 10 тыс. жителей сотен населённых пунктов РФ.

С 1997 г. в России действует глобальная некоммерческая программа Сетевых академий Cisco, нацеленная на фундаментальную подготовку специалистов по теории и практике проектирования, строительства и эксплуатации локальных и глобальных сетей с применением общепризнанных стандартов. В российских Сетевых академиях сейчас обучается 6125 человек. В июне 2011 г. Cisco объявила о значительном расширении этой программы поддержки российского ИТ-образования. В частности, в течение 3-х лет планируется увеличить количество действующих в РФ Сетевых академий втрое — с 217 до 650, а число ежегодно обучающихся довести до 16 тыс.

Другое важное направление инновационной стратегии Cisco — это привлечение идей и инвестиций в партнёрстве с венчурным сообществом. Cisco ведёт венчурную инвестиционную деятельность, ориентированную на индустрию высоких технологий и направленную на стимулирование и ускорение технологических инноваций, а также вывод технологических инвестиций на новый качественный уровень.

Cisco использует прямые и косвенные инструменты финансирования и играет роль стратегического инвестора, поддерживающего молодые компании и венчурные фонды в разных странах мира. Cisco вкладывает средства в молодые высокотехнологичные компании, которые разрабатывают новаторские технологии и бизнес-модели и имеют большой потенциал роста на рынке высоких технологий, медийных услуг и коммуникаций. Средства вкладываются как напрямую, так и через региональные венчурные фонды. На сегодня Cisco вложила в венчурные проекты во всём мире более 2 млрд дол. Компания активно участвует в венчурных программах на главных мировых рынках: в Китае, Индии, Израиле, Европе и Соединённых Штатах.

Венчурная программа Cisco в России направлена на финансирование технологических компаний и венчурных фондов с целью развития технологической отрасли в России и содействия росту отечественной инновационной экономики. В 2007 г.

компания провела инвестирование в ведущий российский интернет-магазин Ozon.ru. В 2008 г. Cisco выступила в роли якорного инвестора венчурного фонда Almaz Capital. В результате к середине 2011 г. общий объём венчурных инвестиций Cisco в России составил 30 млн дол. На эти цели планируется дополнительно выделить 100 млн дол. Эта сумма пойдёт как на прямые вложения компании, так и на инвестиции через фонд Almaz Capital Russia Fund I (создан при финансовой поддержке Cisco).

Другое направление деятельности Cisco предусматривает расширение объёма ресурсов, выделяемых для научных исследований и конструкторских разработок в России. В рамках деятельности, направленной на создание в России инновационной и венчурной платформы, Cisco объявила о намерении обеспечить своё физическое присутствие в Инновационном центре Сколково. Предполагается, что по завершении строительства инфраструктуры в Сколково будет открыт центр перспективных технологий Cisco нового типа, который впоследствии компания может воссоздать и в других странах. Планируется, что в R&D-центре Cisco в Сколково будут вестись работы по разработке технологии распознавания речи и видео с целью синхронного перевода на любой язык и последующей возможности контекстного поиска по аудио- и видеофайлам не только по теме, но и по говорящему (его, как ожидается, система будет распознавать в лицо).

В 2010 г. с руководством фонда «Сколково» был подписан ещё один меморандум о взаимопонимании, предусматривающий создание виртуального Инновационного центра Сколково. Идея виртуального Сколково состоит в том, чтобы через единый центр связать и координировать инновационные процессы во всей России. Это позволит ускорить реализацию данного проекта, не дожидаясь создания в Сколково соответствующей инфраструктуры.

Локализация производства Cisco также является следствием долгосрочных договорённостей по поддержке инновационного развития России. Локализация производства стимулирует развитие отечественной промышленности, способной работать по высочайшим международным стандартам; позволяет адаптировать технологии к потребностям конкретного регионального заказчика, российским стандартам и климатическим условиям, поддерживать тесный контакт со всеми контрагентами, обеспечить клиентам постоянную техническую поддержку.

В апреле 2011 г. Cisco анонсировала своё первое устройство, производимое в России. Речь идёт об инновационном аппаратном VPN-модуле, предназначенном для установки в маршрутизаторы Cisco и защиты конфиденциальной ин-

формации. Он будет производиться по лицензии Cisco с помощью многоуровневой высокотехнологичной цепочки поставок, в которую входят российские партнеры Cisco, в том числе ООО «ПК Альтоника» (Зеленоград). Конечный продукт сертифицирован в полном соответствии с российскими правилами защиты информации. Остаётся добавить, что локализация производства VPN-модуля – лишь первый шаг в этом направлении. В ближайшее время за этим последует новое объявление подобного рода.

Таким образом, инновационная стратегия Cisco позволяет не только обеспечить устойчивое экономическое развитие компании в России, но и внести заметный вклад в формирование иннова-

ционной среды, технологического предпринимательства и инноваций в России.

Чем больше транснациональных технологических корпораций придёт в Россию и чем активнее они будут участвовать в российской экономике, тем успешнее и быстрее будет развиваться российская инновационная экономика. Российская инновационная система должна стать ещё более открытой для зарубежных источников знаний, которые будут дополнять российские и обеспечивать накопление инновационного потенциала на предприятиях, способствуя обмену новыми технологиями и научно-техническими разработками, международной поддержке коммерциализации разработок в России.

УДК 519.712.2

А.В. Лебедев (Государственный научно-исследовательский институт физических проблем им. Ф.В. Лукина (НИИ ФП), г. Москва)

lebedev84@mail.ru

РАЗРАБОТКА ОПЕРАТОРОВ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ В ПОНЯТИЯХ КООРДИНАТНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Описаны операторы для языка имитационного моделирования, поддерживающего координатно-параметрическое управление. Рассмотрен пример операторов налогообложения как наиболее сложных при координатно-параметрическом управлении, включающих другие его операторы как частные случаи.

Ключевые слова: имитационное моделирование, кибернетика, управление, кибернетика первого порядка Н. Винера, кибернетика второго порядка.

Operators for the simulation modeling language supporting coordinate-parametrical management are described. An example of taxation operators as the most difficult operators at the coordinate-parametrical management, including other operators as particular cases, is considered.

Key words: simulation modeling, cybernetics, management, first-order N. Wiener cybernetics, second-order cybernetics.

С середины прошлого века при решении задач управления использовались методы координатного однонаправленного [1] «винеровского» управления.

В настоящее время при усложнении объектов, вызванном, например, обращением к экономическим системам, использование винеровского однонаправленного координатного управления является уже недостаточным, так как может нарушаться критерий управляемости Р. Калмана [2]. Для эффективного управления сложными объектами следует иметь ещё больше, по сравнению с координатами, разновидностей и, соответственно, количества управляющих воздействий [3].

Такая необходимость повышения управляемости объектов привела к управлению, наряду с координатами, ещё и параметрами, т. е. к необходимости перехода от винеровского координатного управления к координатно-параметрическому [3].

Появившееся в 50 гг. XX в. [4] координатно-параметрическое управление (кибернетика второго порядка Ст. Бира [5, 6]; У.Р. Эшби; У. МакКаллоха и др.) существенно повысило управляемость сложных объектов. При этом, как показано в работе [7], для осуществления координатно-параметрического управления необходимо использовать компьютерное имитационное моделирование. Однако в связи с громоздкостью получающихся при таком управлении имитаци-

онных моделей это сопряжено с высокой сложностью программирования. В свою очередь, все существующие в настоящее время автоматические программные системы имитационного моделирования не могут быть использованы для координатно-параметрического управления, так как алгоритмически не поддерживают такое управление [8].

Поэтому необходимо создание языка высокого уровня для компьютерного имитационного моделирования систем координатно-параметрического управления сложными объектами [9].

Известно, что каждый язык высокого уровня состоит из алфавита, семантики и операторов. В разрабатываемом языке операторы можно разделить на три типа: математические, специальные (для координатно-параметрического управления) и пользовательские (специфические для того или иного пользователя). Ниже эти операторы рассматриваются в понятиях координатно-параметрического управления (как функционально наиболее общего), включающего полную группу таких универсальных преобразований, как мультиплицирование, разветвление, сложение, вычитание, операторное преобразование и прямая и обратная связи.

Рассмотрим пример операторов налогообложения как наиболее сложных, включающих другие операторы координатно-параметрического управления как частные случаи.

Ниже из операторов налогообложения рассматриваются такие типичные, как операторы налога на добавленную стоимость (НДС), налога на прибыль, социального налога, подоходного налога, налога на недвижимость.

Согласно Налоговому кодексу (НК) РФ [10] «Налог — это обязательный, индивидуально безвозмездный платёж, взимаемый органами государственной власти различных уровней с организаций и физических лиц в целях финансового обеспечения деятельности государства и/или муниципальных образований».

В соответствии с этим определением все налоги можно разделить на два вида:

с различной налогооблагаемой базой (налогооблагаемая база и объект налогообложения являются различными);

с одной и той же налогооблагаемой базой (налогооблагаемая база и объект налогообложения совпадают).

Операторы налогообложения с различной налогооблагаемой базой.

Оператор НДС. Для производства продукции предприятие закупает различное сырьё и материалы, поэтому в их цену может быть включён НДС, начисляемый по разным ставкам.

Некоторые поставщики освобождены от уплаты НДС, поэтому в цену поставляемого ими сы-

рья НДС не заложен. Таким образом, все закупленные материалы делятся на две группы [11]:

ставка НДС заложена в цену материалов. Определяется из выражения

$$\text{НДС}_1 = \sum_i c_i^m q_i^m,$$

где c_i^m — цена материалов; q_i^m — количество материалов; $K_{\text{НДС}}$ — коэффициент НДС;

ставка НДС не заложена в цену материалов. НДС в данном случае определяется как уменьшение ставки НДС с помощью механизма налоговых вычетов:

$$\text{НДС}_2 = K_{\text{НДС}}(1-R) \sum_j c_j^m q_j^m.$$

Суммарная ставка НДС на сырьё и материалы определяется из выражения [12]:

$$\text{НДС}_{\text{матер}} = K_{\text{НДС}} \left(\sum_i c_i^m q_i^m + (1-R) \sum_j c_j^m q_j^m \right).$$

После реализации продукции предприятие получает доход, в который входит и начисленный НДС (НДС_{прод.}), определяемый из выражения

$$\text{НДС}_{\text{прод}} = K_{\text{спрос}} \sum_i c_i^p q_i^p + R_{\text{спрос}} \sum_j c_j^p q_j^p,$$

где c_i^p , c_j^p — цена изделия; q_i^p , q_j^p — количество произведённой продукции; $R_{\text{спрос}}$, $K_{\text{спрос}}$ — коэффициенты спроса.

Согласно НК РФ, НДС к уплате в бюджет определяется как разница между НДС, начисленного на продукцию, и НДС на сырьё и материалы:

$$\text{НДС}_{\text{упл}} = \text{НДС}_{\text{прод}} - \text{НДС}_{\text{матер}}.$$

Схема алгоритма оператора представлена на рис. 1.

Пример 1. Использование введённого оператора для расчёта НДС на импортируемую продукцию.

Импортные товары, ввезённые на территорию РФ, облагаются пошлинами, НДС, а подакцизные товары — акцизами. Налоговая база НДС при ввозе импортных товаров складывается из таможенной стоимости (с учётом корректировки), таможенной пошлины и суммы акцизов. Согласно статье 160 Налогового кодекса РФ рассчитать «таможенный» НДС можно по формуле

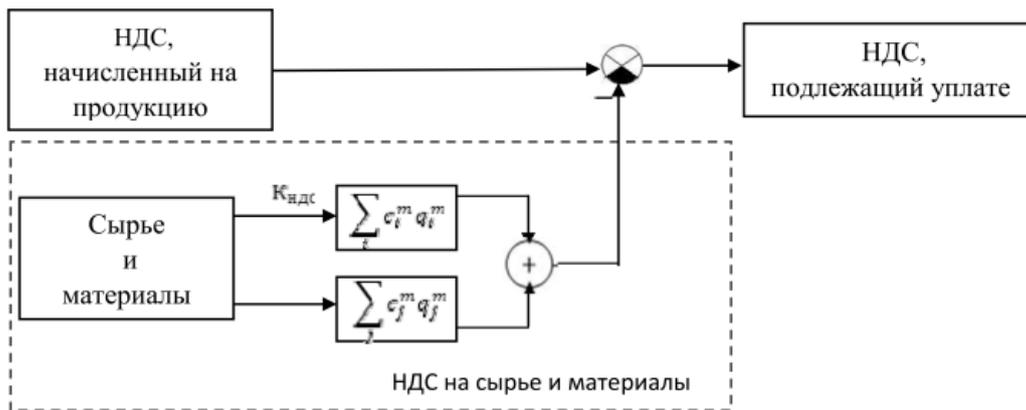


Рис. 1. Схема оператора налога на добавленную стоимость



Рис. 2. Схема оператора социального налога

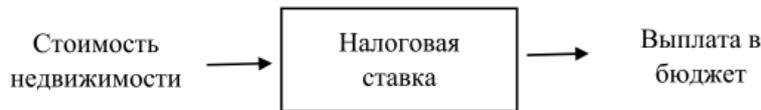


Рис. 3. Схема оператора расчёта налога на недвижимость

$$\text{НДС}_{\text{там}} = \frac{S}{100\%} (T_c + T_{\text{п}} + A) r_{\text{ндс}},$$

где S – стоимость товара; T_c – таможенная ставка; $T_{\text{п}}$ – таможенная пошлина; A – сумма акциза; $r_{\text{ндс}}$ – ставка НДС.

Также $\text{НДС}_{\text{там}}$ можно рассчитать по формуле

$$\text{НДС}_{\text{там}} = (\text{Ц}_{\text{вх.}} + \text{ДС}) r_{\text{ндс}} = \text{НДС}_{\text{вход}} + \text{ДС} r_{\text{ндс}},$$

где $\text{Ц}_{\text{вх.}}$ – цена товара; ДС – добавленная стоимость (акцизы, таможенные пошлины и ставки).

После упрощения выражения НДС к уплате можно определить из выражения

$$\text{НДС}_{\text{уплата}} = \text{ДС} r_{\text{ндс}}.$$

Оператор социального налога. Объектом налогообложения для социального налога является доход работника.

Предприятие уплачивает в соответствии с новыми поправками в НК 34 % социального налога. Схема алгоритма оператора социального налога представлена на рис. 2.

Оператор налога на недвижимость. Согласно НК РФ налог на недвижимость (землю и здания) и на личную имущественную собственность уплачивается в размере, пропорциональном оценке объекта собственности. Схема алгоритма оператора расчёта налога на недвижимость представлена на рис. 3.

Операторы налогообложения с одной и той же налогооблагаемой базой.

Оператор налога на прибыль. После производства, учёта коэффициента спроса на продукцию и реализации самой продукции предприятие получает некоторую «прибыль» S (стоимость продукции с учётом НДС), которая определяется по формуле

$$S = \sum_j c_j p_j (1 - K_c),$$

где c_j – цена товара; p_j – количество реализованной продукции; K_c – коэффициент спроса на продукцию.

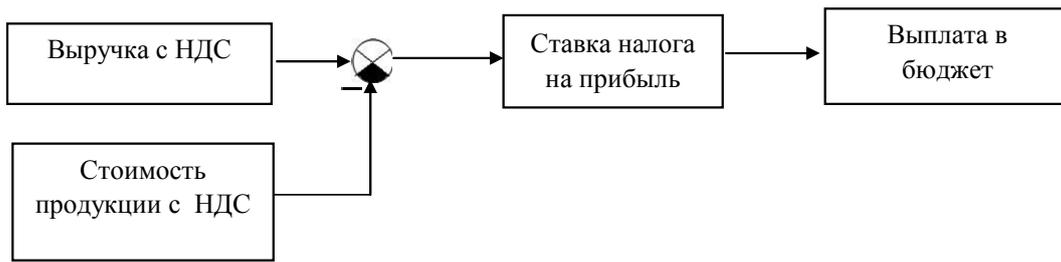


Рис. 4. Схема оператора налога на прибыль с учётом НДС



Рис. 5. Схема оператора подоходного налога

Чистую выручку от реализации продукции с учётом НДС обозначим W_i . Издержки на производство, которые включают амортизацию, расходы на оплату труда, постоянные расходы за вычетом зарплаты и амортизации, обозначим Y_j . Тогда оператор расчёта налога на прибыль, учитывая НДС [12], запишется в виде

$$H_{\text{пр}} = \sum_i \frac{W_i}{1 + r_{\text{НДС}}} - \sum_j \frac{c_j p_j (1 - K_c)}{1 + r_{\text{НДС}}} - \sum_k Y_k r_{\text{пр}},$$

где $r_{\text{пр}}$ – ставка налога на прибыль.

Схема оператора налога на прибыль представлена на рис. 4.

Оператор подоходного налога. Объектом налогообложения для подоходного налога является доход физического лица. Размер подоходного налога – 13 %. Схема оператора подоходного налога представлена на рис. 5.

Заключение. При имеющем место усложнении объектов, вызванном, например, обращением к экономическим системам, использование только винеровского однонаправленного координатного управления является недостаточным. Это может привести к нарушению критерия управляемости Р. Калмана.

Необходимость повышения управляемости сложных объектов способствовала переходу от винеровского координатного управления к координатно-параметрическому Ст. Бира, У.Р. Эшби, У. Мак-Каллоха.

Для координатно-параметрического управления необходимо использовать компьютерное имитационное моделирование. Однако в связи с громоздкостью такое моделирование сопряжено с высокой сложностью программирования. По-

этому не могут быть использованы существующие автоматические программные системы. Следовательно, необходимо создание специализированного (именно для имитационного моделирования координатно-параметрического управления) языка высокого уровня.

Выше описана специфическая и наиболее сложная, нестандартная, принадлежность такого языка – его операторы.

Операторы рассматриваются в алфавите понятий координатно-параметрического управления, включающем полную группу таких универсальных преобразований, как мультиплицирование, разветвление, сложение, вычитание, операторное преобразование и прямая и обратная связь.

Рассмотрен пример операторов налогообложения как наиболее сложных при координатно-параметрическом управлении, включающих другие его операторы как частные случаи.

Библиографические ссылки

1. **Винер Н.** Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М.: Советское радио, 1958. 344 с.
2. **Калман Р., Фалб П., Арbib М.** Очерки по математической теории систем / Под ред. Я.З. Цыпкина. М.: Мир, 1971. 566 с.
3. **Бондаревский А.С., Лебедев А.В.** О «кибернетике второго порядка»: научные основания и критерий применимости координатно-параметрического управления // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 5. С. 30–35.
4. **Heinz Von Foerster.** Cybernetics of cybernetics. Communication and Control in Society (ed. K. Krippendorff), Gordon and Breach, 1974. 230 p.
5. **Бир Ст.** Кибернетика и управление производством. М.: Наука, 1965. 274 с.
6. **Бир Ст.** Мозг фирмы. М: Наука, 1993. 180 с.

7. **Бондаревский А.С., Лебедев А.В.** О необходимости моделирования при параметрическом управлении // Современные наукоёмкие технологии. 2010. № 9. С. 17–22.

8. **Лебедев А.В.** Переход к блочной ориентации в системах имитационного моделирования // Объектные системы—2010: Материалы первой междунар. науч.-практ. конф. /под общ. ред. П.П. Олейника (Ростов-на-Дону, 10–12 мая 2010), URL: http://objectsystems.ru/files/Sertificates/Object_Systems_2010_Proceedings.pdf. С. 127–129.

9. **Лебедев А.В.** Разработка блочно-ориентированного алгоритмического языка высокого уровня для ко-

ординатно-параметрического управления // Микроэлектроника и информатика – 2010. Тезисы докладов 17-й Всероссийской межвуз. конф. студентов и аспирантов. М.: МИЭТ, 2010. 199 с.

10. **Налоговый кодекс РФ.** Части первая и вторая. М.: Юрайт, 2005. 195 с.

11. **Аристов С.А.** Имитационное моделирование экономических систем: учеб. пос. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2004. 123 с.

12. **Лумпов Н.А.** Формула прибыли: учёт различных видов деятельности // Финансовый менеджмент. 2006. № 6. С. 5–23.

УДК 681.03

Т.П. Беляева, А.П. Затворницкий, канд. техн. наук, доц.
(Воронежская государственная лесотехническая академия)

belyaeva_tp@mail.ru

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ЕЁ РЕАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ СОВРЕМЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Разработана математическая модель, учитывающая специфику проектов, реализуемых предприятиями электронной промышленности. Модель предназначена для планирования работ по проекту для максимизации прибыли при условии, что разработанные и протестированные библиотечные элементы в рамках одного проекта будут полезны и для других проектов.

Ключевые слова: модель, планирование, проект, предприятие электронной промышленности, «библиотечный» блок.

The mathematical model considering of projects specificity, realized by the electronic industry enterprises is developed. The model is intended for project work scheduling and profit maximization under condition that the developed and tested library elements within the limits of one project will be useful for other projects.

Key words: model, scheduling, project, electronic industry enterprise, «library» module.

В настоящее время большинство предприятий электронной промышленности разрабатывают аппаратуру преимущественно на импортной элементной базе с использованием устаревшей методологии и аппаратно-программных средств САПР. В результате — неудовлетворительные технические характеристики и экономические показатели спроектированных изделий при длительных сроках разработки. Возникает необходимость учёта финансовых и материальных ресурсов, оптимального планирования деятельности самого предприятия микроэлектроники и реализации отдельных проектов.

Учитывая особенности разработки инновационной продукции в электронной промышленности, построим модель планирования работ по реализации отдельных проектов.

Пусть требуется разработать некоторый проект (разработка изделия, производство опытной пар-

тии, испытание и запуск его в серию), для реализации которого необходимо выполнить n работ, распределяемых по m исполнителям. Исполнителями будем считать не только отделы (разработки, тестирования, разработки программного обеспечения), но и группы в рамках этих отделов, которые могут самостоятельно выполнять отдельные работы по проекту. Таким образом, каждая конкретная работа может быть выполнена одним исполнителем.

Обозначим множество работ, которые может выполнить j -й исполнитель, как w_j . Введём матрицу

$$W = \{w_{ij}\}, i \in 1, \dots, n, j \in 1, \dots, m,$$

где $w_{ij} = 1$, если i -я работа может быть выполнена j -м исполнителем; $w_{ij} = 0$ в противном случае.

При этом должно выполняться условие $\forall j \in 1, \dots, n$, $\sum_{i=1}^n w_{ij} \geq 1$. Пусть α_j – начальная, а ω_j – конечная работа для j -го исполнителя (где $j \in 1, \dots, m$, $\alpha_j, \omega_j \in 1, \dots, n$). Часто такие работы очевидны, в редких случаях их можно ввести в множество работ искусственно, присвоив нулевую длительность и нулевую потребность в ресурсах.

Необходимо учитывать и стоимость одного интервала времени работы исполнителя σ_j (сюда следует отнести расходы на оплату труда сотрудников, рабочее место, амортизацию используемого оборудования и т. д.).

Исполнитель может приступить к работам по планируемому проекту, только начиная с определённого момента времени (например, завершив работу по предыдущему проекту). Учтём это введением параметра $H_j^* \in 1, \dots, T$, где H_j^* – время начала работ j -го исполнителя; T – количество интервалов времени, на которые можно назначать выполнение различных заданий (в зависимости от требуемой точности планирования можно использовать дневные, недельные, месячные интервалы). Значение T используем, чтобы задать предел времени, отпущенного на выполнение проекта.

Каждый исполнитель будет описываться кортежем $J = \langle w_j, \alpha_j, \omega_j, H_j^*, \sigma_j \rangle$.

Работы, выполняемые исполнителями, будем описывать временем t_i и стоимостью c_i . Получаемые зависимости легко обобщить для рассмотрения дополнительных ресурсов (таких, как арендуемое оборудование или программное обеспечение, услуги сторонних организаций и т. д.). Кроме того, при необходимости можно использовать приёмы [1] для оценки времени выполнения работ не одним значением, а парой «от» и «до». Однако, чтобы не скрывать суть метода за деталями их реализации, ограничимся указанными параметрами. Таким образом, каждую работу будем описывать кортежем $I = \langle t_i, c_i \rangle$.

На множестве работ задан нестрогий порядок: некоторые работы могут быть начаты лишь после завершения одной или нескольких предыдущих работ. Будем задавать порядок с помощью матрицы Q размером $n \times n$ элементов:

$$Q = \{q_{ik}\}, i, k \in 1, \dots, n,$$

где $q_{ik} = 1$, если перед началом k -й работы должна быть завершена i -я работа; $q_{ik} = 0$, если начало k -й работы не связано с результатами i -й.

Очевидно, что для j -го исполнителя «начальная» работа α_j не должна зависеть от выполнения других работ этим исполнителем, а «конечная» ω_j , наоборот, может быть «начата» только после завершения всех работ этим исполнителем. Поряд-

док, задаваемый матрицей Q , должен быть транзитивным: если $q_{ik_1} = 1$ и $q_{k_1 k_2} = 1$, то $q_{ik_2} = 1$. Иными словами, в качестве условия начала k -й работы должны быть перечислены все работы, на результат которых она полагается (а не только одна, непосредственно предшествующая), что позволит планировать более гибко. Важно, что k -я и i -я работы, для которых $q_{ik} = 1$, могут выполняться разными исполнителями. Например, соответствующий отдел может начать тестирование изделия после завершения своей части опытным производством (или внешней организацией).

Составим модель планирования в виде задачи целочисленного программирования. Для этого введём бинарные переменные $x_{ik}^{(j)}$, равные 1, если j -й исполнитель сразу после i -й работы выполнит k -ю ($i, k \in 1, \dots, n, j \in 1, \dots, m$), или 0 во всех остальных случаях. Также введём целочисленные переменные H_i , обозначающие время начала i -й работы ($H_i \in 1, \dots, T, j \in 1, \dots, m$). Связь между этими переменными будет установлена в ограничениях модели. Вычислив по предлагаемой ниже модели значения переменных $x_{ik}^{(j)}$ и H_i , получим все необходимые сведения о порядке выполнения работ исполнителями и о времени начала и окончания работ.

Предположим, что в результате выполнения проекта получен доход S . Расходы будем считать складывающимися из двух частей: суммарной стоимости каждой из работ $\sum_{i=1}^n c_i$ и повременных затрат на единицу времени каждого исполнителя $\sum_{j=1}^m \sigma(H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j})$, вычисляемых исходя из времени завершения последней работы исполнителя по данному проекту. Отметим, что финансирование исполнителей в периоды «между проектами» и минимизация таких периодов – отдельная проблема, требующая особого рассмотрения. Вопросы дисконтирования (приведения денежных сумм к значениям одного момента времени) и налогообложения рассматривать не будем.

Очевидно, следует максимизировать разницу между доходами и расходами:

$$S - \left(\sum_{i=1}^n c_i + \sum_{j=1}^m \sigma(H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j}) \right) \rightarrow \max \quad (1)$$

со следующими ограничениями:

$$\sum_{i=1}^n c_i + \sum_{j=1}^m \sigma(H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j}) < S; \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{ik}^{(j)} = 1 \quad \text{для всех } j \in 1, \dots, m, \quad i \in W_j \setminus \{\omega_j\}; \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{i\alpha_j}^{(j)} = 0 \quad \text{для всех } j \in 1, \dots, m, \quad i = \alpha_j; \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{\omega_j k}^{(j)} = 0 \quad \text{для всех } j \in 1, \dots, m, \quad k \in 1, \dots, n; \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ik}^{(j)} = 1 \quad \text{для всех } k \in 1, \dots, n \wedge k \notin \{\alpha_j\}_{j=1, \dots, m}; \quad (6)$$

$$H_{\alpha_j} \geq H_j^* \quad \text{для всех } j \in 1, \dots, m; \quad (7)$$

$$H_{\omega_j} + t_{\omega_j} \leq T \quad \text{для всех } j \in 1, \dots, m; \quad (8)$$

$$x_{ik}^{(j)}(H_k) \geq x_{ik}^{(j)}(H_i + t_i) \quad \text{для всех } j \in 1, \dots, m, \\ i, k \in 1, \dots, n; \quad (9)$$

$$H_k \geq H_i + t_i \quad \text{для всех } i, k \in 1, \dots, n, \\ \text{таких, что } q_{ik} = 1; \quad (10)$$

$$x_{ik}^j \in \{0, 1\} \quad (11)$$

$$H_i \in 1, \dots, T. \quad (12)$$

Ограничение (2) гарантирует, что затраты на получаемый план будут меньше дохода. Ограничения (3)–(6) обеспечивают связность потока работ для каждого исполнителя. Ограничение (3) требует, чтобы после каждой работы за исключением последней, у исполнителя имелась работа и только одна.

Ограничения (4) и (5) обеспечивают отсутствие работ после последней и перед первой, а (6) устанавливает, что каждая работа должна иметь исполнителя (кроме начальных работ, так как этот случай учитывается в ограничении (4)).

Ограничение (7) устанавливает, что первая работа j -го исполнителя начинается не раньше, чем освободится, а (8) требует завершения работы не позже установленного срока. Ограничение (9) говорит, что следующая работа должна начаться не ранее, чем закончится предыдущая. Это неравенство представляет собой реализацию отношения «следовательно»: если $x_{ik}^{(j)} = 1$, то оно превраща-

ется в $H_k \geq H_i + t_i$, а при $x_{ik}^{(j)} = 0$ выполняется автоматически. Отметим, что некоторые компьютерные программы для решения задач целочисленного программирования и оптимизации с ограничениями поддерживают отношение «следовательно» и могут работать быстрее, когда оно задано явно. Ограничение (10) гарантирует, что любая работа начнется только после завершения работ, от результатов которых она зависит.

Эта модель направлена на нахождение распределения работ по исполнителям, которое укладывается в заданное время и минимизирует при этом общую стоимость работы исполнителей уменьшением времени их работы.

Однако на практике часто проявляется специфика, препятствующая использованию моделей (1)–(12). Особенность современных проектов, реализуемых предприятиями электронной промышленности, состоит в том, что заказчику часто требуются целые серии изделий со схожим «ядром», но разных по составу дополнительных блоков, интерфейсов, устойчивости к воздействиям и т. д. При этом естественно, что предприятие-разработчик одного из изделий серии имеет уже большой задел, а потому сделает следующее устройство значительно быстрее и качественнее, чем любой другой разработчик.

Разработанные и протестированные блоки, для которых возможно повторное использование, составляют библиотеку. В дальнейшем такие блоки используются на функционально-логическом уровне проектирования без необходимости «спускаться» на схемотехнический уровень, что позволяет экономить время при разработке и тестировании. Следовательно, результатом проекта является не только изделие, но и готовые для повторного использования «библиотечные» блоки. В финансовом смысле результатом будет не только доход от изделия, но и экономия при разработке последующих изделий. Однако подготовка отдельных блоков для повторного использования целесообразна далеко не всегда когда это возможно, так как в конкретном изделии такие блоки часто удаётся использовать ограниченно в объёмах, требуемых для обеспечения функциональности изделия. Разработка универсального блока требует более полного проектирования и тестирования, а значит, дополнительных затрат. Специфика проекта заключается ещё и в том, что других заказов на изделия, в которых может пригодиться тот или иной библиотечный блок, может и не быть.

Следовательно, подходящую для каждого случая стратегию повторного использования сформулировать нельзя. Даже крайние случаи – «повторное использование любой ценой» или «не тратить ни минуты на повторное использование» –

могут быть целесообразны для некоторых проектов, не говоря о всём спектре промежуточных стратегий. Необходимо индивидуальное рассмотрение каждого случая, подкреплённое соответствующим инструментарием поддержки принятия решений.

Разработаем одну из моделей, учитывающую изложенные выше соображения. Пусть после разработки изделия будет подготовлено N_b блоков. Создание b -го блока ($b \in 1, \dots, N_b$) имеет стоимость r_b . При затруднениях определения стоимости можно использовать трудоёмкость в человеко-часах на создание этого модуля в качестве отдельного проекта.

Предположим, что в будущем планируется работа по ряду дополнительных проектов, в которых можно использовать наработанные в данном проекте библиотечные блоки. «Просматривается» N_V проектов. Доход от реализации v -го проекта ($v \in 1, \dots, N_V$) оценивается примерно величиной S_v и себестоимостью R_v , а вероятность получения заказа на его реализацию p_v ($p_v \in [0,1]$). Оценку может проводить принимающее решения лицо самостоятельно или на основе экспертной оценки.

Использование библиотечных элементов, разработанных в рамках реализуемого в данный момент проекта в будущем v -м проектом, обозначим вектором \vec{u}_v , $\vec{u}_v = (u_{v0}, u_{v1}, \dots, u_{vN_b})$, где $u_{vb} = 1$, если v -й проект использует b -й библиотечный элемент, или $u_{vb} = 0$ в противном случае ($b \in 1, \dots, N_b$).

Следовательно, возможный в будущем проект описывается кортежем

$$V = \langle S_v, R_v, p_v, \vec{u}_v \rangle.$$

Будем считать получение заказа на v -й проект независимым от получения заказа на любой из остальных ($N_V - 1$) проектов (учёт взаимозависимости проектов не усложнит модель концептуально, но сделает её технически более громоздкой).

Оценим прибыль от реализации проекта. Создание b -го библиотечного блока, используемого в v -м проекте, позволит уменьшить его себестоимость на величину r_b/R_v . Сокращение себестоимости можно оценивать как пропорциональный вклад в прибыль предприятия размером $(S_v - R_v)/R_v r_b$. Общую «полезность» всех библиотечных блоков для v -го проекта можно вычислить по

формуле $\frac{S_v - R_v}{R_v} \sum_{b=1}^{N_b} u_{vb} r_b$ или в векторной форме $\frac{S_v - R_v}{R_v} (\vec{u}_v, \vec{r})$, где $\vec{r} = (r_1, r_2, \dots, r_{N_b})$, а (\vec{u}_v, \vec{r}) – скалярное произведение векторов. Также возможна оценка полезности, идущая не от вклада в доход,

а от уменьшения расходов. В этом случае коэффициент $(S_v - R_v)/R_v$ следует убрать.

Также учитывается неопределённость получения заказов. Для этого используем математическое ожидание получаемой суммы. По условию с вероятностью p_v будет получен доход S_v или с вероятностью $(1 - p_v)$ доход 0, следовательно, математическое ожидание получаемой суммы можно рассчитать по формуле $p_v \frac{S_v - R_v}{R_v} (\vec{u}_v, \vec{r})$. Учитывая принятую выше независимость проектов, запишем целевую функцию (1) с ограничениями (3) – (12) в виде:

$$S - \left(\sum_{i=1}^n c_i + \sum_{j=1}^m \sigma \left(H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j} \right) \right) + \sum_{v=1}^{N_V} \left(p_v \frac{S_v - R_v}{R_v} \sum_{b=1}^{N_b} u_{vb} r_b \right) \rightarrow \max.$$

Ограничение (2) следует заменить ограничением неотрицательности максимизируемой величины. Воспользовавшись независимостью от результатов планирования работ некоторых слагаемых целевой функции, перенесём их в ограничение, упростив целевую функцию. Получим

$$\sum_{j=1}^m \sigma(H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j}) \rightarrow \min$$

с ограничениями (3) – (12), а также ограничением

$$S + \sum_{v=1}^{N_V} \left(p_v \frac{S_v - R_v}{R_v} \sum_{b=1}^{N_b} u_{vb} r_b \right) > \sum_{i=1}^n c_i + \sum_{j=1}^m \sigma(H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j}).$$

Получена задача целочисленного программирования с линейной целевой функцией и нелинейными ограничениями (нелинейным является только ограничение (9)). Методы решения таких задач рассмотрены в работах [2 и 3]. Разрабатываются современные алгоритмы, использующие возможности многопроцессорных систем [4], в том числе высокоскоростные векторные вычислители, устанавливаемые на видеокартах.

Полученная модель предназначена для планирования работ по проекту для максимизации прибыли при условии, что ряд созданных в рамках проекта библиотечных элементов окажется

также полезным и для других проектов, которые могут быть получены с некоторой вероятностью в будущем. Модель позволяет вычислить ожидаемую длительность работ по проекту каждым исполнителем, порядок выполнения работ, ожидаемую прибыльность. Для увеличения точности модели следует добавить дисконтирование финансовых потоков (приведение их к общей точке во времени), учёт налоговых поступлений, взаимной зависимости получения будущих проектов с помощью таблиц условной вероятности, средства повышения устойчивости получаемых решений к непрогнозируемым отклонениям. Кроме того, модель зависит от точности оценки вероятности получения проектов, которую можно повысить использованием различных методов экспертного оценивания.

Предложенную модель можно развить и для автоматизированного выбора одного из нескольких вариантов реализации проекта. Это позволит использовать модель в том случае, когда можно сделать выбор: разработать в рамках проекта бо-

лее универсальные библиотечные элементы (увеличением стоимости и времени реализации проекта) с надеждой на то, что это вернётся в последующих проектах, либо сэкономить сейчас (увеличив стоимость и сложность возможных будущих проектов). Однако, рассмотрение нескольких вариантов кратное увеличит размерность задачи, что поставит под вопрос возможность её решения в приемлемые сроки.

Библиографические ссылки

1. Косоруков О.А., Мищенко А.В. Исследование операций: учебник // Под общ. ред. Н.П. Тихомирова. М.: Изд-во Экзамен, 2003. 448 с.
2. Laurence A. Wolsey and George L. Nemhauser, Integer and Combinatorial Optimization. Wiley-Interscience, 1 edition. November 1999.
3. Схрейвер А. Теория линейного и целочисленного программирования: В 2-х т.: Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 360 с.
4. Hirayama K., Yokoo M. The distributed breakout algorithms // Artificial Intelligence. 2005. Vol. 161. P. 89–115.



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

Е.Н. Сосенушкин

ПРОГРЕССИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ



2011 г. 480 с. ISBN 978-5-94275-596-6

Цена 600 р.

Освещены концепции проектирования технологических процессов холодной и полугорячей объемной штамповки, системы представления и обработки знаний о деталях, автоматизации решений системных задач проектирования технологии, системного проектирования штамповой оснастки для формоизменяющих операций.

Для разных термомеханических условий и прочих факторов проанализирован ряд физических моделей выхода из строя рабочих деталей штампов, и на основе их математических аналогов построена система прогнозирования стойкости и выбора штамповых материалов.

Для специалистов и инженерно-технических работников, занимающихся разработкой и промышленным внедрением прогрессивных технологий, систем их проектирования и экспертной оценки. Монография будет полезна для аспирантов и студентов машиностроительных вузов.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительная информация по телефонам: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU

**ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ**

УДК 621.002.51

По страницам журналов

Расчёт износостойкости металлических пар трения. Определение параметров работоспособности колёсных пар локомотива. Вестник машиностроения. 2011. № 4.

Рассмотрена механическая система «колесо–рельс» как термодинамически открытая трибосистема, подчиняющаяся вариационному принципу наименьшего действия. Представлен расчёт работоспособности (износостойкости) колёсных пар локомотива при различных условиях эксплуатации.

Моделирование многомассовых гидромеханических систем. Вестник машиностроения. 2011. № 4.

Разработана методика имитационного моделирования многомассовых гидромеханических систем, позволяющая оперативно и качественно формировать модели сложных устройств. На её основе разработана модель гидропривода со сдвоенным регулируемым насосом, выполнена оценка свойств привода.

Статика многодвигательных электрогидравлических приводов систем управления. Вестник машиностроения. 2011. № 4.

Представлен многодвигательный электрогидравлический привод с дроссельным управлением в виде эквивалентных мостовых схем. Приведены уравнения силовой (моментной) и механической (расходно-перепадной) характеристик. Предложены методики расчёта оценки вероятности достижения предельной скорости при случайном подборе параметров.

Метод расчёта глубины упрочнённого дробью поверхностного слоя деталей. Вестник машиностроения. 2011. № 4.

Приведены результаты определения параметров контактного взаимодействия при ударном деформационном упрочнении дробью поверхностного слоя деталей. Получено уравнение глубины упрочнённого слоя в зависимости от режимов, условий обработки и механических свойств материала.

Расчёт содержания несгоревших углеводородов в отработавших газах ДВС с искровым зажиганием. Грузовик. 2011. № 4.

Проанализированы основные источники образования несгоревших углеводородов в камере сгорания и изложена методика расчёта их содержания. На базе описанной математической мо-

дели разработана компьютерная программа, позволяющая контролировать динамику образования токсичных компонентов в процессе сгорания и анализировать влияние на неё различных факторов.

Расчётные исследования показателей транспортного дизеля, работающего на смесях дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла. Грузовик. 2011. № 4.

Представлены результаты расчётных исследований показателей дизеля Д-245.12С, работающего на смесях дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла различного состава. Подтверждена возможность значительного улучшения показателей токсичности отработавших газов при использовании в качестве топлива указанных смесей.

Выбор эффективных параметров конечных элементов при решении плоской задачи теории упругости. Вестник машиностроения. 2011. № 5.

Рассмотрены вопросы выбора эффективных размеров конечных элементов при автоматизированном создании конечно-элементной сетки путём сравнительного анализа расчётов методом конечных элементов и точных аналитических решений на примере задачи теории упругости.

Применение гибридной нейронной сети для настройки нечётких систем при моделировании режимов испытаний ДВС. Вестник машиностроения. 2011. № 5.

Рассмотрено применение гибридной нейронной сети автоматического формирования нечётких правил управления режимами работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) при испытаниях. Определена топология этой сети. На основе полученных нечётких правил оценена адекватность управления ДВС.

Амортизатор с управляемыми демпфирующими свойствами. Грузовик. 2011. № 5.

Предложена конструкция амортизатора с управляемыми упругодемпфирующими свойствами на основе магнитореологической жидкости. Регулирование демпфирующих свойств амортизатора производится за счёт изменения физических свойств магнитной жидкости. Это обеспечивается переменным магнитным полем, формируемым катушкой. Показана эффективность данного амортизатора для гашения вибрации.