

Импакт-фактор (пятилетний)
РИНЦ = 0,843

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

Электронная версия журнала <http://www.rae.ru/snt>

Правила для авторов: www.rae.ru/snt/rules/

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

Ответственный секретарь редакции

Шнуровозова Татьяна Владимировна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Бизенкова Мария Николаевна	(к.м.н.)
Бичурин Мирза Имамович	(д.ф.-м.н., профессор)
Бошенятов Борис Владимирович	(д.т.н.)
Гайсин Ильгизар Тимергалиевич	(д.п.н., профессор)
Гилев Анатолий Владимирович	(д.т.н., профессор)
Гладилина Ирина Петровна	(д.п.н., профессор)
Гоц Александр Николаевич	(д.т.н., профессор)
Грызлов Владимир Сергеевич	(д.т.н., профессор)
Елагина Вера Сергеевна	(д.п.н., профессор)
Завьялов Александр Иванович	(д.п.н., профессор)
Захарченко Владимир Дмитриевич	(д.т.н., профессор)
Лубенцов Валерий Федорович	(д.т.н., профессор)
Лукьянова Маргарита Ивановна	(д.п.н., профессор)
Мадера Александр Георгиевич	(д.т.н., профессор)
Микерова Галина Жоршовна	(д.п.н., профессор)
Пачурин Герман Васильевич	(д.т.н., профессор)
Пен Роберт Зусьевич	(д.т.н., профессор)
Романцов Михаил Григорьевич	(д.м.н., к.п.н., профессор)
Стукова Наталия Юрьевна	(к.м.н.)
Тутолмин Александр Викторович	(д.п.н., профессор)

Журнал «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **Свидетельство – ПИ № 77-15597.**

Все публикации рецензируются. Доступ к журналу бесплатен.

Журнал представлен в Научной электронной библиотеке (НЭБ) головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Импакт-фактор РИНЦ (пятилетний) = 0,843 (по данным на 23.06.2015)

Импакт-фактор РИНЦ (двухлетний) = 1,030 (по данным на 23.06.2015)

Индекс Хирша (десятилетний) = 16 (по данным РИНЦ на 23.06.2015)

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ

Учредитель: **МОО «Академия Естествознания»**

Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»

Почтовый адрес –

г. Москва, 105037, а/я 47,

АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,

редакция журнала «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Ответственный секретарь редакции –

Шнуровозова Татьяна Владимировна

тел. +7 (499) 705-72-30

E-mail: edu@rae.ru

Подписано в печать 02.10.2015

Формат 60х90 1/8

Типография

ИД «Академия Естествознания»

г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка

Митронова Л.М.

Корректор

Кошелева Ж.В.

Способ печати – оперативный

Усл. печ. л. 11,75

Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2015/7

Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО РЕСУРСА СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В АСУ <i>Белозеров В.В., Любавский А.Ю., Белозеров В.В.</i>	7
МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ <i>Волков В.Л., Жидкова Н.В.</i>	13
ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ УГОЛКОВ ДЛЯ УПАКОВКИ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ <i>Гиревая Х.Я., Коляда Л.Г., Пономарев А.П.</i>	19
ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РОБОТОТЕХНИКИ В КУРСЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ <i>Гребнева Д.М.</i>	23
СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ЗОННОЙ ПЛАВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ <i>Даулетбаков Т.С., Досмухамедов Н.К., Меркулова В.П., Жолдасбай Е.Е., Нурлан Г.Б.</i>	26
ОПИСАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ СТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ И НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ И ВАРИАНТОВ ХАРАКТЕРА ИХ САЙТ- И САЙЗ-РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ИЛИ ПОКРЫТИЯ ПРИ ТРЕНИИ И ИЗНОСЕ <i>Иванов В.В.</i>	30
ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТУРИЗМ <i>Имангожина О.З., Жансагимова А.Е.</i>	34
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К СБОЯМ АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ AES НА ОСНОВЕ ИЗБЫТОЧНОЙ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КЛАССОВ ВЫЧЕТОВ <i>Калмыков И.А., Степанова Е.П., Калмыков М.И., Топоркова Е.В.</i>	38
УСТАНОВКА ПО СНИЖЕНИЮ КОНЦЕНТРАЦИИ ПАРАФИНА В НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТАХ, УПРАВЛЯЕМАЯ ОТ ЯМР-АНАЛИЗАТОРА <i>Кашиев Р.С., Козелков О.В., Хазиахметова Л.Р.</i>	43
РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ С КОМПЛЕКСНЫМ РЕШЕНИЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА <i>Ким П.П., Петровский А.М., Перетрутов А.А., Комаров В.А., Чубенко М.Н.</i>	48
СТУПЕНЧАТОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ <i>Кочева М.А., Кондратьев Р.В.</i>	53
ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОМБИНИРОВАННЫХ ОТХОДОВ УПАКОВКИ <i>Кремнева А.В., Коляда Л.Г., Пономарев А.П.</i>	56
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ДИСКОВЫХ ГИДРОТУРБИН <i>Лысенко В.С., Кулжабаев Б.Д.</i>	60
РЕЦЕПТУРНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ <i>Мостовой А.С.</i>	66
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ <i>Саитов А.В., Васильевых С.Л., Саитов В.Е.</i>	71

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА ПРОЦЕСС ВЫДЕЛЕНИЯ КАУЧУКА ИЗ ЛАТЕКСА

Шульгина Ю.Е., Никулина Н.С., Никулин С.С.

74

Педагогические науки (13.00.08)

ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Илюхина Н.А., Комаревцева О.О.

77

ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТВОРЧЕСКИХ
СПОСОБНОСТЕЙ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА С ПОМОЩЬЮ АКМЕОЛОГИИ

Михайлова А.Г.

81

АНАЛИЗ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО
ВУЗА В УЧЕБНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Осадчук О.Л., Ожогова Е.Г.

85

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Сафаралиев Б.С., Кольева Н.С.

89

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL AND FIREPROOF RESOURCE OF COMPUTER AIDS IN THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS <i>Belozеров V.V., Lyubavsky A.Y., Belozеров V.V.</i>	7
MODELING OF STRAPDOWN NAVIGATION SYSTEM <i>Volkov V.L., Zhidkova N.V.</i>	13
THE QUALITY PROBLEM OF MULTILAYER ANGLE BARS FOR METAL PRODUCTION PACKAGING <i>Girevaya H.Y., Kolyada L.G., Ponomarev A.P.</i>	19
THE DIDACTIC POTENTIAL LEARNING ELEMENTS OF ROBOTICS IN THE COURSE OF PROGRAMMING LANGUAGE <i>Grebneva D.M.</i>	23
METHOD AND APPARATUS FOR ZONE MELTING HIGH-PURITY METALS <i>Dauletbakov T.S., Dosmukhamedov N.K., Merkulova V.P., Zholdasbay E.E., Nurlan G.B.</i>	26
DESCRIPTION OF THE POSSIBLE STRUCTURAL STATES OF THE CRYSTAL AND NANO-DIMENSION OBJECTS AND VARIANTS OF ITS SITE- AND SIZE-DISTRIBUTIONS ONTO SURFACE AND INTO VOLUME OF THE COMPOSITIONAL MATERIALS OR COATINGS BY FRICTION AND WEAR <i>Ivanov V.V.</i>	30
PROSPECTS OF INTRODUCTION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN TOURISM <i>Imangozhina O.Z., Zhansagimova A.E.</i>	34
IMPROVING ROBUST AES ENCRYPTION ALGORITHM BASED ON REDUNDANT POLYNOMIAL POLYNOMIAL RESIDUE NUMBER SYSTEM <i>Kalmykov I.A., Stepanova E.P., Kalmykov M.I., Toporkova E.V.</i>	38
INSTALLATION TO REDUCE THE CONCENTRATION OF PARAFFIN IN CRUDE OIL AND PETROLEUM PRODUCTS, DRIVEN FROM THE NMR ANALYZER <i>Kashaev R.S., Kozelkov O.V., Haziahmetova L.R.</i>	43
REGENERATION OF SPENT SULPHURIC ACID IN THE PRODUCTION OF ENERGY-MATERIALS WITH COMPLEX DECISION ENVIRONMENT AND HUMAN SECURITY <i>Kim P.P., Petrovskii A.M., Peretrutov A.A., Komarov V.A., Chubenko M.N.</i>	48
STEPWISE THE USE OF HEAT OF PRODUCTS OF COMBUSTION <i>Kocheva M.A., Kondratiev R.V.</i>	53
RECYCLING OF COMPOSITE PACKAGING WASTE <i>Kremneva A.V., Kolyada L.G., Ponomarev A.P.</i>	56
EXPERIMENTAL DETERMINATION OF COEFFICIENT OF VISCOUS FRICTION FOR CALCULATION OF DISK WATER-WHEELS <i>Lysenko V.S., Kulzhabaev B.D.</i>	60
PRESCRIPTION MODIFICATION OF EPOXY RESIN USING NEW HIGH-PERFORMANCE PLASTICIZERS <i>Mostovoy A.S.</i>	66
INTENSIFICATION TURNING NONRIGID SHAFTS <i>Saitov A.V., Vasilievych S.L., Saitov V.E.</i>	71

THE INFLUENCE OF ULTRASOUND AND MAGNETIC FIELD ON THE PROCESS
OF ALLOCATING RUBBER FROM LATEX

Shulgina Y.E., Nikulina N.S., Nikulin S.S.

74

Pedagogical sciences (13.00.08)

DISCRET EVENT SIMULATION IN ECONOMIC SYSTEMS
MANAGEMENT MUNICIPALITY

Ilukhina N.A., Komarevtseva O.O.

77

STAGES OF TECHNOLOGY OF ENGINEER'S PROFESSIONAL AND CREATIVE
ABILITIES DEVELOPMENT BY MEANS OF ACMEOLOGY

Mikhaylova A.G.

81

THE ANALYSIS OF EMOTIONAL CONDITIONS OF STUDENTS OF MEDICAL
HIGH SCHOOL IN UCHEBNO-PROFESSIONAL WORK

Osadchuk O.L., Ozhogova E.G.

85

MECHANISMS OF FORMATION AND FUNCTIONING OF THE INFORMATION
EDUCATIONAL ENVIRONMENT EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Safaraliev B.S., Kolyeva N.S.

89

УДК 614.84:621.313

**ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО И ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО РЕСУРСА
СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В АСУ**¹Белозеров В.В., ²Любавский А.Ю., ³Белозеров В.В.¹ООО «Научный производственно-технологический центр «ОКТАЭДР»,
Ростов-на-Дону, e-mail: octaedr@list.ru;²ФГБОУ ВПО «Академия государственной противопожарной службы» МЧС России,
Москва, e-mail: nebezopassno@mail.ru;³ООО «Компания «ТРИТАРТ», Ростов-на-Дону, e-mail: isagraf@mail.ru

В статье представлена методология и технология осуществления диагностики технического и пожаробезопасного ресурса средств вычислительной техники (СВТ) автоматизированных систем управления (АСУ) объектами повышенной опасности. Предлагается в качестве термозондов и электрозондов для диагностики надежности и пожарной безопасности СВТ использовать модуль из микросхем-датчиков температуры и тока, данные с которых могут быть переданы на верхний уровень АСУ, для прогнозирования наработки на отказ СВТ и осуществления их своевременной профилактики. Мониторинг тепловых потоков внутри СВТ позволит обнаруживать пожароопасные отказы, предотвращать загорания и выводить из эксплуатации блоки и устройства, пожаробезопасный ресурс которых израсходован. Предлагаемая технология позволит предупреждать аварии и пожары на объектах повышенной опасности, чем сократит социально-экономический ущерб от них.

Ключевые слова: надежность, технический ресурс, пожарная безопасность, пожаробезопасный ресурс, средства вычислительной техники, автоматизированные системы управления

**DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL AND FIREPROOF RESOURCE OF COMPUTER
AIDS IN THE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS**¹Belozerov V.V., ²Lyubavsky A.Y., ³Belozerov V.V.¹ООО «Scientific Production and Technological Center «OCTAHEDRON»,
Rostov-on-Don, e-mail: octaedr@list.ru;²FGBOU VPO «Academy of the Public Fire Service» of Emercom of Russia,
Moscow, e-mail: nebezopassno@mail.ru;³ООО «TRITART» Company», Rostov-on-Don, e-mail: isagraf@mail.ru

The methodology and technology of implementation of diagnostics of a technical and fireproof resource of the computer aids (CA) of the automated control systems (ACS) for objects of the increased danger is presented in article. It is offered as thermoprobes and electropubes for diagnostics of reliability and fire safety of CA to use the module from chips sensors of temperature and current, given with which can be transferred to the top level of ACS, for forecasting of a time between failures of CA and implementation of their timely prevention. Monitoring of thermal streams in ACS will allow to find fire-dangerous refusals, to prevent fire and to take blocks and devices which fireproof resource is spent out of service. The offered technology will allow to prevent accidents and the fires on objects of the increased danger, than to reduce social and economic damage from them.

Keywords: reliability, technical resource, fire safety, fireproof resource, computer aids, automated control systems

До настоящего времени технический ресурс и гарантийный срок работы СВТ определялись разработчиком-изготовителем на стадии постановки СВТ на производство расчетным путем, а наработка на отказ подтверждалась специальными испытаниями определенной выборки СВТ на надежность (наработку на отказ и/или долговечность).

Однако используемые методы, испытательные приборы и стенды, в т.ч. ускоренные и форсированные, не могут обеспечить всего многообразия фактических эксплуатационных условий, в которые «попадают» СВТ на объектах автоматизации, в связи чем, все имеющиеся «паспортные параметры» являются приближенными. Поэтому на объектах и в технологических процессах повышенной опасности применяется ре-

зервирование (дублирование, троирование и т.д.) и профилактические «остановы» для ремонта или замены блоков и устройств, чтобы избежать аварий, взрывов и пожаров, из-за «внезапного» отказа СВТ.

В то же время и резервирование (холодное и горячее), и периоды восстановительных ремонтов, и ремкомплекты для них выполняются только расчетным путем, а их достоверность «оценивается косвенно» (по статистике отказов). При этом крайне редко, как правило, при катастрофических авариях (Чернобыль, Саяно-Шушенская ГЭС и т.д.), когда проводятся многочисленные экспертизы с отказавшими или с поврежденными объектами, удается определить причины отказов и сравнить их с расчетными показателями надежности и безопасности.

Поэтому для получения более достоверной информации о надежности и пожаробезопасном ресурсе электроприборов, в т.ч. и СВТ, был разработан вероятностно-физический метод (ВФМ) стендовых испытаний электроприборов [1–3] и предложены модули термоэлектронной защиты (МТЭЗ), позволяющие, во-первых, достоверно определить их технический ресурс при ускоренном технологическом прогоне, во-вторых, обнаруживать пожароопасный отказ и отключать электроприбор до загорания в нём электро-радиоматериалов, а в третьих, и это главное, определить его пожаробезопасный ресурс, который при этом становится соизмеримым с его техническим ресурсом [7].

Однако распространения предложенный метод не получил, наверное из-за «нетехнологичности и хрупкости» позисторных термозондов» [4], а также сложности автоматизированного стендового оборудования [5], с уникальными для того времени вычислительными ресурсами (УВК СМ-1210 с векторным режимом ПС 3000 под операционной системой Юникс и модернизированным ПВВ под модули УСО ТВСО).

В настоящее время вычислительные ресурсы СВТ автоматизированных систем, в частности, на объектах повышенной опасности (АЭС, НПЗ, терминалы ГСМ и т.д.), давно превзошли необходимые для указанного метода и быстродействие, и объем оперативной памяти, и возможности программного обеспечения, а вместо позисторных термозондов и прецизионных шунтов можно использовать микросхемы, измеряющие температуру и потребляемую электроэнергию [12, 13].

Следовательно, введение в каждое устройство СВТ «микросхемного модуля термоэлектронизирования», данные с которого процессор, контроллер или микро-

процессор устройства СВТ может передать на верхний уровень АСУ (АСУТП, АСК, АСУП и т.д.), является необходимым и достаточным условием реализации метода.

Разработанный метод определяет «текущие» интенсивности и вероятности отказов элементов изделий по модифицированному уравнению Аррениуса-Эйринга [1–3]:

$$\lambda = A(P, V, N, F) \frac{kT}{h} \cdot \exp \times \left(-\frac{E_a}{kT} \right) \cdot \exp[f(H)], \quad (1)$$

где λ – текущая интенсивность отказа элемента, 1/час; $A = k \cdot \lambda_0$ – произведение безразмерных коэффициентов, зависящих от давления, влажности, вибраций и т.д.) на интенсивность отказов при хранении (λ_0), 1/час; k – постоянная Больцмана, $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; T – температура элемента, °К; h – постоянная Планка, $6,626 \times 10^{-34}$ Дж·с; E_a – эффективная энергия активации отказа, Дж; $f(H)$ – функция нетермической (энергетической) нагрузки.

Уравнение (1) имеет решение, если определены температуры внутреннего объема изделия $[T(t)]$ и окружающего воздуха $[T_{\text{возд}}(t)]$, а также измерены потребляемые изделием энергии $[E(t)]$ при известных минимальных ($\lambda_{\min}$), номинальных ($\lambda_{\text{ном}}$) и максимальных ($\lambda_{\max}$) значениях интенсивности отказов всех элементов. Указанные переменные определялись с помощью позисторных термозондов и электродондов блоков и плат $[W_p(t)]$. Тогда решением системы уравнений (2) теплового баланса и Навье-Стокса (прямая и обратная задачи тепловой локации), определялись все текущие коэффициенты энергетических нагрузок элементов $[E_L(t)]$:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_x}{\partial y} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} + Nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} \right) - Nu \cdot \alpha \cdot V_x; \\ \frac{\partial V_y}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial V_y}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial V_y}{\partial y} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} + Nu \cdot \left(\frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} \right) - Nu \cdot \alpha \cdot V_y + \beta \nabla T; \\ \frac{\partial T}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial T}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial T}{\partial y} = \eta \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) - \frac{Q}{C \rho_0 D}; \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} = -\rho_0 \cdot \frac{\partial V}{\partial x} - \rho_0 \cdot \frac{\partial V}{\partial y}; \\ \beta \cdot S_u \cdot \varepsilon (T^4 - T_{\text{возд}}^4) + \alpha \cdot S_u (T - T_{\text{возд}}) - W_p = 0; \\ W_p = B_L \cdot P_L \cdot E_L \cdot W; \\ f(H) \approx E_L = (\beta \cdot S \cdot \sigma (T^4 - T_{\text{возд}}^4) + \alpha \cdot S (T - T_{\text{возд}})) / (W_L \cdot B_L \cdot P_L), \end{cases} \quad (2)$$

где $\alpha, \beta, \rho, \eta$ – коэффициенты, Nu – число Нуссельта; C – теплоемкость, D – расстояние, σ – постоянная Стефана-Больцмана, S – площадь поверхности источника тепла (ЭРЭ), W_p – потребляемая источником тепла мощность (фактическая), $T_{возд.}$ – температура окружающего источника тепла воздуха/зонда, T – искомая/измеренная температура источника тепла (ЭРЭ, платы, стенки и т.д.), B_L – коэффициент энергетической нагрузки конструктива (блока, изделия), P_L – коэффициент энергетической нагрузки платы (модуля), W – номинальная (паспортная) потребляемая мощность, E_L – коэффициент энергетической нагрузки ЭРЭ (микросхемы, резистора и т.п.).

Знание функций энергетической нагрузки ЭРЭ – $f(H)$ – превращает λ в функцию, у которой для любого ЭРЭ известны минимальное ($\lambda_{\min}$), номинальное ($\lambda_{\text{ном}}$), максимальное ($\lambda_{\max}$) значения интенсивности отказов, а также интенсивность отказов при хранении (λ_{xp}), что позволяет построить и аппроксимировать «семейство» λ -кривых в границах $\lambda_{xp}(T)$ и $\lambda_{\max}(T)$, а также логарифмированием получить функцию эффективной энергии активации отказов каждого ЭРЭ – $E_{ai}(H, T)$.

Таким образом, подставляя в уравнения Аррениуса-Эйринга текущие значения функций энергетических нагрузок каждого ЭРЭ, текущие значения температур их корпусов, текущие значения функций эффективной энергии активации отказа, им соответствующие, а также текущие значения параметров окружающей среды (температуры, давления и т.д.), получаем **текущие интенсивности отказов ЭРЭ**, т.е. функции $\lambda(H, T, P)$, которые описываются γ -распределениями [1–3].

При этом предварительное нахождение параметров γ -распределения случайной величины λ_i в данном случае сводилось к задаче определения параметров B и C функции γ -распределения по заданным двусторонним доверительным интервалам ($\lambda_{\min} < \lambda < \lambda_{\max}$):

$$F(\lambda, B, C) = \int_0^{\lambda} \frac{(\lambda/B)^{C-1}}{B \cdot \Gamma(C)} \exp(-\lambda B) d\lambda$$

при $B > 0, C > 0,5, \Gamma(C)$ – гамма-функция, (3)

т.е. по заданным ее квантилям $\lambda_{\min} = \lambda_{\min}$ и $\lambda_{\max} = \lambda_{\max}$ уровня доверительной вероятности ($p = 0,95$) соответственно L и $1-L$, где $L = (1-p)/2$, к решению системы уравнений:

$$\begin{cases} F(\lambda_{\min}, \hat{B}, \hat{C}) = \frac{1-p}{2} \\ F(\lambda_{\max}, \hat{B}, \hat{C}) = \frac{1+p}{2} \end{cases} \quad (4)$$

с последующей заменой переменной $x = 2\lambda/B$, переводящей γ -распределение в обобщенное χ^2 – распределение (для снятия ограничений относительно целочисленности ν), после чего делением одного уравнения на другое находится

$$q(\nu) = \lambda_{\min}/\lambda_{\max} \quad (5)$$

Полученные значения $q(\nu) = \chi^2_{1-L}(\nu)/\chi^2_L(\nu)$ являются монотонной функцией от ν , имеющей при $\lambda_{\min}/\lambda_{\max} > 0$ единственный корень, а по вычисленному ν (а следовательно, и $C = \nu/2$) находится и второй параметр γ -распределения:

$$B = 2\lambda_{\min}/\chi^2_L(\nu) = 2\lambda_{\max}/\chi^2_{1-L}(\nu). \quad (6)$$

С помощью термозондирования тепловых потоков от ЭРЭ позисторными датчиками [4] и определения потребляемой электроэнергии с помощью прецизионных шунтов [5] удалось устранить ограничения, возникающие при решении указанного уравнения (1) в двумерном приближении Обербека-Буссинеска в «прямой и обратной задачах» тепловой локации элементов, чтобы получить значения функции нетермической нагрузки $f(H)$ [1, 3].

Дальнейшее вычисление прогнозируемого технического ресурса на плату, блок или устройство, в связи с аддитивностью текущих интенсивностей отказов, осуществляется интегрированием по времени их суммарного значения.

Понятие «пожаробезопасный ресурс» было введено одновременно с указанным выше методом [1–3], однако до сих пор не «прижилось». Положение усугубилось в 2008 году, когда 123-ФЗ был введен в действие «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», в котором были введены «пожарные риски», научной теории которых нет до сих пор.

Конечно, отечественный ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность. Общие требования», построенный на теории вероятностей, имеет существенные недостатки, которые «появились при его рождении» в 1974 году и были обусловлены, во-первых, отсутствием «связки» методов экспериментальных исследований пожарной опасности веществ и материалов (по ГОСТ 12.1.044) с электроприборами, технологическими процессами и объектами техносферы, где они применяются, во-вторых, ошибочной методологией «вне-сечения неисправностей» в оборудование, нарушающей принцип независимости событий в них, а в-третьих, некорректным применением понятий теории вероятностей, проявившейся в нарушениях размерности событий [9–11].

В связи с тем, что введенные 123-ФЗ «пожарные риски» повторили и «усугубили» ошибки ГОСТ 12.1.004, **покажем необходимость и возможность их устранения, а также докажем достаточность** теории вероятностей для корректного применения её в методиках, предназначенных для **оценки пожарной опасности любого объекта**, в т.ч. при формировании декларации о пожарной безопасности, без введения дополнительных и «размытых» понятий «пожарных рисков».

Вероятность события является безразмерной величиной, а ГОСТ 12.1.004, как и «Технический регламент», фиксирует допустимый уровень вероятности пожара в оборудовании или объекте, в т.ч. «пожарного риска» – 10^{-6} в год, что, с точки зрения теории надежности и теории вероятностей, является интенсивностью событий – λ с общепринятой размерностью 1/час, т.е. $1,14 \cdot 10^{-10}$ час $^{-1}$, т.к. приходится одну миллионную разделить на 8760 часов, из которых состоит год [1, 6].

Эта ошибка может быть устранена, путем **введения понятия «пожаробезопасный ресурс»** (материала, изделия и т.д.) и **требования его соизмеримости с техническим ресурсом**, т.е. со сроком эксплуатации материала, оборудования, помещения и объекта. Тогда корректная формулировка прозвучит так: **вероятность пожара в оборудовании и/или объекте не должна превышать 10^{-6} в течение всего срока их эксплуатации.**

В случае общепринятого в теории надежности (и в ГОСТ 12.1.004) экспоненциального распределения логарифмированием функции распределения при известном времени «пожаробезопасного ресурса» ($t_{ПБР}$) корректно определяется допустимая интенсивность λ_d пожароопасного отказа материала, оборудования, помещения и объекта при «вводе в эксплуатацию» [6, 8]:

$$10^{-6} = 1 - \exp(-\lambda_d t_{ПБР}) \rightarrow \lambda_d = \left(\frac{\ln(1) - \ln(1 - 10^{-6})}{t_{ПБР}} \right) \quad (7)$$

Если же возникло желание ввести понятие «пожарный риск», чтобы, например, уйти от «неблагозвучности понятия интенсивности возникновения пожара», то в **рамках теории вероятности существует функция риска – $h(x)$, которая определена, как отношение функции плотности вероятности – $f(x)$, к функции выживания – $S(x)$ в точке x** , и в нашем случае (экспоненциального распределения) она равна именно λ_d [14]:

поненциального распределения) она равна именно λ_d [14]:

$$h(t_{ПБР}) = \frac{f(t)}{S(t)} = \frac{\lambda_d \exp(-\lambda_d \cdot t_{ПБР})}{\exp(-\lambda_d \cdot t_{ПБР})} = \lambda_d \quad (8)$$

Необходимо исключить методологию внесения неисправностей при испытаниях на пожарную опасность радиоэлектронного и электротехнического оборудования и приборов, в связи с тем, что она требует применения сложного раздела теории надежности – теории зависимых отказов, т.к. искусственное «выключение», т.е. замыкание или обрыв какого-либо элемента изделия вызывает аварийный режим не в нем, а в схмотехнически связанном другом элементе. Поэтому дальнейший расчет вероятности пожара является некорректным, т.к. при этом нарушаются условия применимости формул распределения вероятностей, требующих независимости событий [6, 9].

Эта ошибка устраняется, путем применения вероятностно-физической методологии – **модели дополнительного тепловыделения каждого элемента при пожароопасном отказе**, полученная в виде логнормальных функций распределения [1, 2]:

$$F_3(Q) = 1 - v_3 \cdot [1 - G_3(z)], \quad (9)$$

где $F_3(Q)$ – вероятность дополнительного тепловыделения, v_3 – доля пожароопасных отказов (короткое замыкание, пробой, обрыв), $G_3(z)$ – условная функция распределения (при возникновении пожароопасного отказа ЭРЭ) случайной величины $z = \lg Q$, $Q = k \cdot U \cdot I \cdot t$ – Джоулево тепло пожароопасного отказа ЭРЭ.

Дополнительное тепловыделение пожароопасного отказа, нагревая материал отказавшего ЭРЭ, воспламеняет его при переходе процессов деструкции и пиролиза в самоускоряющуюся фазу по критерию Семёнова или «зажигает соседа» по критерию Зельдовича, если собственная температура воспламенения выше «соседней», а плотность теплового потока равна критической. Тогда, решая систему (10) неравенств Семёнова, Зельдовича и Франк-Каменецкого в точке воспламенения ($T_{вс}$), т.е. при $Se = 0,368$, $F_k = 2,00$ и $Ze = Q/S$, определяются: E_a – энергия активации воспламенения образца (11), K – предэкспонент (6) и H – тепловой эффект реакции в газовой фазе (12), после чего вычисляются энергии и теплоты – E_{D_i} и H_{D_i} стадий деструкции по формулам (11, 12), при температурах (T_p , $T_{пл}$, $T_{мл}$) этих стадий [6]:

$$\begin{cases} Ze = \sqrt{2\lambda_B \frac{RT_{II}^2}{E_a} \cdot H \cdot K \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_{II}}\right)}; \\ Se = \frac{Q \cdot V}{S \cdot \alpha} \cdot \frac{E_a}{RT_{II}^2} \cdot K \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_{II}^2}\right); \\ F_k = \frac{Q \cdot r^2}{\lambda_O} \cdot \frac{E_a}{RT_O^2} \cdot K \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_O^2}\right); \end{cases} \quad (10)$$

$$E_{Di} = \frac{(\ln T_O^2 - \ln T_{II}^2) \cdot R \cdot T_O T_{II}}{T_{II} - T_O}, \quad (11)$$

$$K = \frac{2\lambda_O \cdot RT_{II}^2 \cdot \exp\left(\frac{T_{II}(\ln T_O^2 - \ln T_{II}^2)}{T_{II} - T_O}\right)}{Q \cdot r^2 \cdot \frac{(\ln T_O^2 - \ln T_{II}^2) \cdot R \cdot T_O T_{II}}{T_{II} - T_O}}, \quad (12)$$

$$H_{Di} = \frac{Q^3 \cdot r^2 \cdot T_O^2 \cdot (\ln T_O^2 - \ln T_{II}^2)^2 \cdot \exp\left(\frac{T_O T_{II} \cdot (\ln T_O^2 - \ln T_{II}^2)}{T_{II} (T_{II} - T_O)}\right)}{2 \cdot F_k \cdot \lambda_B \cdot S^2 \cdot \lambda_O \cdot T_{II}^2 \cdot (T_{II} - T_O)^2 \cdot \exp\left(\frac{T_{II} \cdot (\ln T_O^2 - \ln T_{II}^2)}{(T_{II} - T_O)}\right)}; \quad (13)$$

где Ze – критерий Зельдовича; λ – коэф. теплопроводности газовой фазы; R – газовая постоянная; T_{II} – температура печи; E_a – энергия активации деструкции образца; H – тепловой эффект реакции в газовой фазе; K – предэкспонент; Se – критерий Семенова; Q – теплота, подведенная к образцу; V – объём образца; S – площадь поверхности образца; α – коэф. теплоотдачи образца; T_{II} – температура поверхности образца; F_k – критерий Франк-Каменецкого; r – линейный размер образца; λ_O – коэф. теплопроводности образца; T_O – температура образца.

Приведенная выше математическая модель, позволяет определить интенсивности пожароопасных отказов элементов ($\lambda_{II} = \lambda_{HT} \cdot v_{\Sigma}$) и интенсивности их воспламенений ($\lambda_B = \lambda_{II} \cdot F_{\Sigma}$), зафиксировав критические теплоты каждого элемента – Q_{Σ} , после чего интегрированием вычисляет вероятность их воспламенений (F_{Σ}).

Расчеты по системе неравенств (10) и модели дополнительного тепловыделения (9) проводятся для каждого элемента пожарной нагрузки объекта и его «соседей». Для этого необходима их топология, т.е. геологическая среда, а для вероятностной оценки «превращения воспламенения в пожар», вводится функция (14) «маятник события» [9], формирующая из топологии элементов пожарной нагрузки на объекте (в частности, из матрицы вероятностей

воспламенений) «матрицу распространения огня» (Fp), позволяющую вычислить вероятность пожара каждого элемента ($F_n = F_{\Sigma} \cdot Fp$):

$$U = \begin{cases} 1, \text{если загорание произошло} \\ 0, \text{если загорание не произошло} \end{cases}. \quad (14)$$

Таким образом, устраняется методологическая и логическая незавершенность оценки пожарной опасности любого изделия или объекта (ГОСТ 12.1.004 в своих вероятностных параметрах и формулах практически не использует ни одного из 20 значений номенклатуры показателей пожарной опасности веществ и материалов, приведенных в ГОСТ 12.1.044), путем использования методов термического анализа для определения (по критериям Семенова, Франк-Каменецкого и Зельдовича) существующих и дополнительных параметров пожароопасности веществ и материалов, из которых изготовлены изделия и объекты, а с помощью вероятностно-физических уравнений, описывающих тепловыделение пожароопасного отказа, корректно связывает их с вероятностью пожара [1, 6].

Список литературы

1. Белозеров В.В. Экспериментальные методы оценки качества, надежности и безопасности электроприборов –

«Технологии техносферной безопасности»: Интернет-журнал. – Вып. 5 (27). – 2009. – 9 с. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/> (дата обращения: 12.09.2015).

2. Белозеров В.В., Волошин В.А., Белозеров В.В. Концепция общей опасности техногенной сферы / Отчет о НИР № НИР 4.65 от 15.02.1996 (Министерство образования и науки РФ) – Ростов н/Д: РГУ, 1998. – 33с.

3. Белозеров В.В., Иванников В.Л., Топольский Н.Г., Шпак Л.А. Новые средства оценки пожарной опасности и предотвращения пожаров в изделиях электронной техники и электроустановках: в сб. докл. «Семинара по проблемам пожарной безопасности АЭС»/Хмельницкая АЭС, г. Нетежин, 28.09–02.10.92/. – М.: Интератомэнерго, 1992. – С. 18–27.

4. Белозеров В.В., Гольцов Ю.И., Кулешова Н.И., Шпак Л.А. «Способ получения полупроводникового керамического материала на основе титана бария, легированного ниобием» – Патент РФ на изобретение № 2060566 от 20.05.96.

5. Белозеров В.В., Гольцов Ю.И., Шпак Л.А., Юркевич В.Э. Позисторные датчики температуры для стенда термоэлектропрогона изделий электронно-вычислительной техники – Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 1993. – Т. 37, № 6. – С. 155.

6. Белозеров В.В., Прус Ю.В., Топольский Н.Г. Информационно-компьютерные технологии в реализации технического регламента о требованиях пожарной безопасности – Технологии техносферной безопасности: Интернет-

журнал. – Вып. 2 (30). – 2010. – 13 с. – <http://ipb.mos.ru/ttb/> (дата обращения: 12.09.2015).

7. Белозеров В.В., Тетерин И.М., Топольский Н.Г. Модульные системы безопасности электроприборов – Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – Вып. 4. – 2005. – 3 с. – <http://ipb.mos.ru/ttb/> (дата обращения: 12.09.2015).

8. Богуславский Е.И., Белозеров В.В., Богуславский Н.Е. Прогнозирование, анализ и оценка пожарной безопасности / Уч. пос. под ред. проф. Богуславского Е.И. / – Ростов н/Д: РГСУ, 2004. – 151 с.

9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей – М.: Наука, 1969. – 576 с.

10. ГОСТ 12.1.004 Пожарная безопасность. Общие требования – М: Изд. стандартов, 1992. – 75 с.

11. ГОСТ 27.410-87 Методы контроля показателей надежности и планы контроля испытаний на надежность.

12. Микросхема цифрового датчика-измерителя температуры промышленного диапазона (функциональный аналог микросхемы DS18B20 Maxim-Dallas Semiconductor) – <http://www.integral.by/download/3168/IN18B20D-TSr.pdf> (дата обращения: 12.09.2015).

13. Одна микросхема для создания любого датчика тока фирмы Melexis – <https://www.terraelectronica.ru/> (дата обращения: 12.09.2015).

14. Хастингс Н., Пикок Дж. Справочник по статистическим распределениям. – М.: 1980. – 95 с.

УДК 629.7.05

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Волков В.Л., Жидкова Н.В.*Арзамасский политехнический институт – филиал Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Арзамас, e-mail: vipvlv@bk.ru*

В статье представлены результаты научного исследования по моделированию бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), использующей в качестве сенсоров микроэлектромеханические системы (МЭМС). Математическая модель БИНС использует кинематические уравнения Пуассона, характеризующие угловую ориентацию и уравнения интегрирования, определяющие местоположение подвижного объекта. Для преобразования систем координат, используемых в БИНС, применяются параметры Родрига-Гамильтона (кватернионы). В БИНС решена задача компенсации дрейфа показаний гироскопов на основе дополнительной информации с акселерометров и магнитометров. Для алгоритма компенсации дрейфа использован ПИ-регулятор. Произведена отработка алгоритмов функционирования БИНС путем компьютерного моделирования в среде Matlab Simulink. В качестве результатов моделирования приведены графики основных процессов и численные результаты по ошибкам оценивания углов ориентации и координат навигации. Результаты компьютерного эксперимента подтвердили эффективность алгоритма БИНС в системах определения пространственного положения маневренных подвижных объектов. Новизна исследований заключается в разработке нового алгоритма БИНС при использовании традиционных математических моделей и оригинальных предложений.

Ключевые слова: МЭМС, БИНС, параметры Родрига-Гамильтона, кватернионы, ПИ-регулятор, моделирование, эффективность, Matlab Simulink

MODELING OF STRAPDOWN NAVIGATION SYSTEM

Volkov V.L., Zhidkova N.V.*Arzamassky polytechnic institute (branch) Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev, Arzamas, e-mail: vipvlv@bk.ru*

The paper presents results of research on modeling strapdown inertial navigation system (IMU), using as sensors microelectromechanical systems (MEMS). Mathematical model of IMU uses Poisson kinematic equations describing angular orientation and integration of equation determining location of a moving object. To convert the coordinate system used in IMU apply settings Rodrigues-Hamilton (quaternions). The problem is solved IMU readings gyroscopes drift compensation based on additional information from accelerometers and magnetometers. For drift compensation algorithm used PI controller. Produced testing of algorithms of functioning of IMU by computer modeling in Simulink. As simulation results are graphs of basic processes and numerical results of estimation error of orientation angles and position navigation. The results of computer simulation confirmed effectiveness of algorithm IMU systems determining spatial position of maneuver of moving objects. The novelty of research is to develop a new algorithm for IMU with conventional mathematical models and original proposals.

Keywords: MEMS, IMU, parameters Rodrigues-Hamilton, quaternions, PI controller, modeling, efficiency, Matlab Simulink

В ряде работ по бесплатформенным инерциальным системам затрагивались вопросы их моделирования с целью оценки эффективности. Для симуляции БИНС часто применяют программную среду *Matlab* [1–5]. В статье [4] авторы рассмотрели математическое моделирование и симуляцию составной части БИНС – бесплатформенной системы ориентации (БСО). В продолжение научных исследований предлагается аналогичный материал по БИНС. Реализация алгоритма БИНС является на порядок сложнее по сравнению с алгоритмом БСО, т.к. в этом случае, во-первых, алгоритм БСО уже является составной частью алгоритма БИНС, во-вторых, приходится создавать и использовать довольно сложную динамическую модель движения объекта по отношению к Земле.

В данной статье рассматривается моделирование БИНС в инструментальной среде *Matlab Simulink* с целью проверки математических моделей и получения резуль-

татов исследования эффективности БИНС при их работе в различных динамических режимах. Исполнение математических моделей БИНС в *Simulink* позволяет получить понятную визуальную модель системы и реализовать многочисленные операции дифференцирования и интегрирования более гибко на стандартных элементах.

Статья имеет, прежде всего, практическую направленность, позволяющую повторить предлагаемые модели и схемы, получить результаты симуляции и оценить эффективность алгоритмов БИНС. Исследования авторы проводили на основе многочисленных источников информации, некоторые из которых отражены в списке литературы, и собственных разработок.

Математическая модель БИНС

Алгоритмы БИНС подробно описаны в работах как отечественных, так и зарубежных авторов, например [5, 6]. Алго-

ритм навигации служит для определения положения центра масс подвижного объекта относительно земной системы координат. Для решения задачи навигации используются данные об ускорении объекта, измеренные акселерометрами в связанной системе координат. Основная идея инерциальной навигации – это двукратное интегрирование измеренных ускорений. Способом построения БИНС является размещение инерциальных датчиков акселерометров и гироскопов непосредственно на борту подвижного объекта, а функции гироскопов стабилизированной платформы, привязанной к земной системе координат, выполняет бортовой вычислитель.

Рассмотрим движение подвижного объекта (беспилотного летательного аппарата – БПЛА) на высоте h со скоростью V . Алгоритм БИНС основан на кинематических уравнениях подвижного объекта в земной системе координат:

$$\begin{aligned}\omega_{Xg} &= U \cos \phi + V_{Zg} / R; \\ \omega_{Yg} &= U \sin \phi + \tan \phi \cdot V_{Zg} / R; \\ \omega_{Zg} &= -V_{Xg} / R,\end{aligned}\quad (1)$$

где V_{Zg} , V_{Xg} – составляющие линейной скорости объекта соответственно вдоль оси Z и X географической системы координат; U – угловая скорость вращения Земли; ϕ – широта местоположения объекта; R – средний радиус земного эллипсоида.

На основе (1) угловая скорость движения объекта относительно Земли определяется следующими соотношениями:

$$\begin{aligned}\dot{\phi} &= V_{Xg} / R; \\ \dot{\lambda} &= V_{Zg} / (R \cos \phi); \\ \dot{h} &= V_{Yg}.\end{aligned}\quad (2)$$

Для получения координат объекта ϕ , λ , h в географической системе необходимо иметь информацию о линейных скоростях объекта V_{Xg} , V_{Yg} , V_{Zg} . Эту информацию получают путем интегрирования соответствующих ускорений. В БИНС датчики ускорений – акселерометры устанавливают по осям связанной системы координат, они измеряют кажущееся ускорение. Следует

отметить, что абсолютное ускорение имеет следующие составляющие:

$$a = a^p + a^k + a^o, \quad (3)$$

где a^p , a^k , a^o – составляющие ускорения соответственно переносного, кариолисова, относительного.

Кариолисово ускорение возникает при взаимодействии переносной угловой скорости вращения Земли и линейной скорости объекта. Проекция кариолисова ускорения на оси $OXgYgZg$ имеют вид

$$\begin{aligned}a_{Xg}^k &= 2UV_{Zg} \sin \phi; \\ a_{Yg}^k &= -2UV_{Zg} \cos \phi; \\ a_{Zg}^k &= 2(UV_{Yg} \cos \phi - UV_{Xg} \sin \phi).\end{aligned}\quad (4)$$

Относительное ускорение возникает при движении объекта вокруг Земли и при изменении линейной скорости, его составляющие на оси $OXgYgZg$ имеют вид

$$\begin{aligned}a_{Xg}^o &= \dot{V}_{Xg} + V_{Zg}^2 / R \cdot \tan \phi + V_{Xg} V_{Yg} / R; \\ a_{Yg}^o &= \dot{V}_{Yg} + V_{Zg}^2 / R - V_{Xg}^2 / R; \\ a_{Zg}^o &= \dot{V}_{Zg} + V_{Zg} V_{Yg} / R + V_{Xg} V_{Zg} \cdot \tan \phi.\end{aligned}\quad (5)$$

Переносное ускорение вызвано угловой скоростью вращения Земли, и его составляющие в пересчете в земную систему координат определяются соотношениями:

$$\begin{aligned}a_{Xg}^p &= U^2 R \sin \phi \cos \phi; \\ a_{Yg}^p &= -U^2 R \cos^2 \phi; \\ a_{Zg}^p &= 0.\end{aligned}\quad (6)$$

При сложении вектора переносного ускорения с вектором g гравитационного поля Земли получим вектор ускорения силы тяжести $(0, g, 0)$.

Акселерометры, жестко установленные в связанной системе координат, измеряют проекции кажущегося ускорения, в которых учитываются все три составляющие: кариолисово, относительное и ускорения силы тяжести. Путем пересчета кажущегося ускорения в географическую систему координат получают составляющие n_{Xg} , n_{Yg} , n_{Zg} :

$$\begin{aligned}n_{Xg} &= \dot{V}_{Xg} + V_{Zg}^2 / R \cdot \tan \phi + V_{Xg} V_{Yg} / R + 2UV_{Zg} \sin \phi; \\ n_{Yg} &= \dot{V}_{Yg} + V_{Zg}^2 / R - V_{Xg}^2 / R - 2UV_{Zg} \cos \phi + g; \\ n_{Zg} &= \dot{V}_{Zg} + V_{Zg} V_{Yg} / R + V_{Xg} V_{Zg} / R \cdot \tan \phi + 2(V_{Yg} U \cos \phi - UV_{Xg} \sin \phi).\end{aligned}\quad (7)$$

где $V'_{Zg}, V'_{Yg}, V'_{Xg}$ – составляющие ускорения объекта соответственно по осям Z_g, Y_g, X_g географической системы координат.

Для использования в навигационном алгоритме БИНС показаний акселерометров из них необходимо извлечь $V'_{Zg}, V'_{Yg}, V'_{Xg}$ – составляющие ускорения объекта соответственно по осям Z_g, Y_g, X_g географической системы координат путем удаления из них вредных составляющих: ускорения Кориолиса, относительного ускорения и ускорения силы тяжести.

$$\begin{aligned}\dot{V}_{Xg} &= n_{Xg} - \Delta n_{Xg}; \\ \dot{V}_{Yg} &= n_{Yg} - \Delta n_{Yg}; \\ \dot{V}_{Zg} &= n_{Zg} - \Delta n_{Zg},\end{aligned}\quad (8)$$

где $\Delta n_{Zg}, \Delta n_{Yg}, \Delta n_{Xg}$ – вредные составляющие: ускорения Кориолиса, относительного ускорения и ускорения силы тяжести соответственно по осям Z_g, Y_g, X_g географической системы координат:

$$\begin{aligned}\Delta n_{Xg} &= V_{Zg}^2 / R \cdot \tan \phi + V_{Xg} V_{Yg} / R + 2UV_{Zg} \sin \phi; \\ \Delta n_{Yg} &= V_{Zg}^2 / R - V_{Xg}^2 / R - 2UV_{Zg} \cos \phi + g; \\ \Delta n_{Zg} &= V_{Zg} V_{Yg} / R + V_{Xg} V_{Zg} / R \cdot \tan \phi + \\ &+ 2(V_{Yg} U \cos \phi - UV_{Xg} \sin \phi).\end{aligned}\quad (9)$$

Навигационный алгоритм БИНС при интегрировании соотношений (8) вычисляет составляющие линейных скоростей.

$$\begin{aligned}V_{Xg} &= V_{Xg}(t_0) + \int_{t_0}^t (n_{Xg} - \Delta n_{Xg}) dt; \\ V_{Yg} &= V_{Yg}(t_0) + \int_{t_0}^t (n_{Yg} - \Delta n_{Yg}) dt;\end{aligned}\quad (10)$$

$$V_{Zg} = V_{Zg}(t_0) + \int_{t_0}^t (n_{Zg} - \Delta n_{Zg}) dt,$$

где $V_{Zg}(t_0), V_{Yg}(t_0), V_{Xg}(t_0)$ – составляющие вектора скорости в начальный момент времени t_0 .

Угловые координаты объекта и высота определяются при вторичном интегрировании (2) с учетом начальных значений координат и высоты:

$$\begin{aligned}\phi &= \phi_0 + \int_{t_0}^t \frac{V_{Xg}}{R} dt; \\ \lambda &= \lambda_0 + \int_{t_0}^t \frac{V_{Zg}}{R \cos \phi} dt; \\ h &= h_0 + \int_{t_0}^t V_{Yg} dt,\end{aligned}\quad (11)$$

где ϕ_0, λ_0, h_0 – составляющие координат объекта в начальный момент времени t_0 .

Навигационный алгоритм БИНС, основанный на приведенных формулах, представлен на рис. 1 в виде структурной схемы.

В схему добавлен конвертор вектора кажущегося ускорения с акселерометров для пересчета в земную систему координат. Этот конвертор работает на основе кватернионного умножения $L * N * L$, где L, N – кватернионы соответственно углов Эйлера и ускорений. На вход конвертора поступает вектор $N = [n_{Xg}, n_{Yg}, n_{Zg}]$, на выходе получается вектор $Ng = [n_{Xg}, n_{Yg}, n_{Zg}]$, необходимый для работы БИНС.

Математическая модель БСО, хотя и не включена в схему БИНС, является составной частью алгоритма БИНС, т.к. определение угловой ориентации подвижного объекта необходимо для решения задачи навигации.

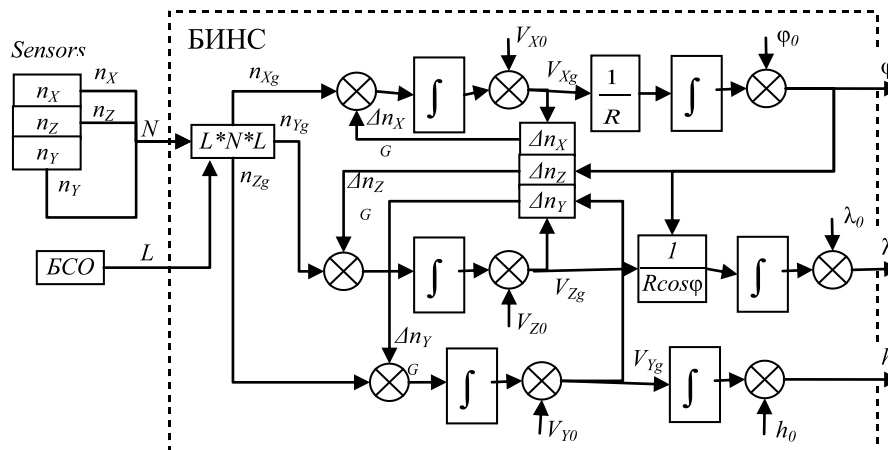


Рис. 1. Структурная схема алгоритма БИНС

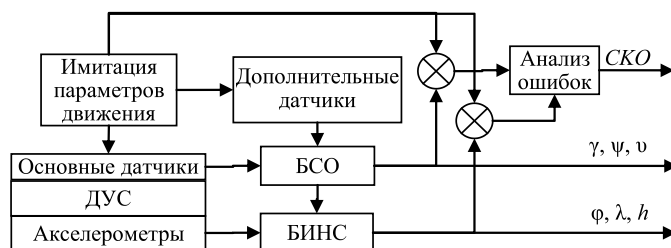


Рис. 2. Схема моделирования БСО и БИНС (γ, ψ, v – оценки углов; ϕ, λ, h – оценки координат)

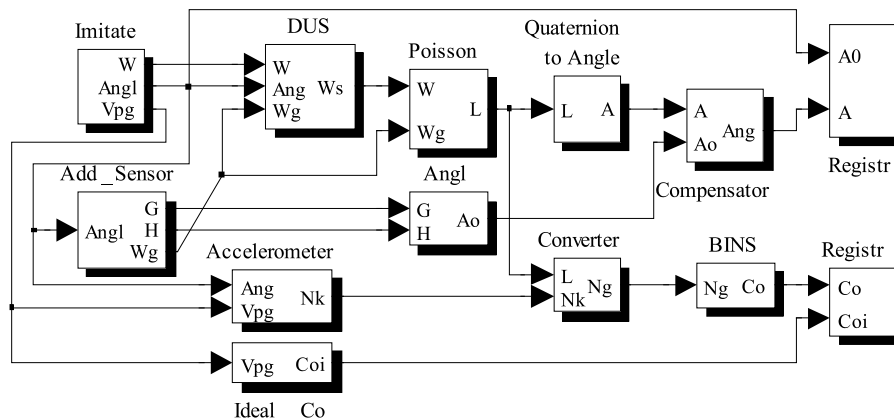


Рис. 3. Структурная схема моделирования БИНС и БСО

Схема моделирования БИНС представлена на рис. 2.

Схема содержит следующие блоки.

1. Блок имитации параметров движения объекта, который осуществляет имитацию углового движения объекта с учетом изменения углов ψ, γ, ϕ по синусоидальным законам и с учетом движения объекта вдоль Земли с линейной скоростью. Также этот блок осуществляет имитацию абсолютного ускорения объекта с учетом эволюции ускорений по осям географической системы координат по синусоидальным законам;

2. Блок основных датчиков (ДУС и акселерометры) выдает три составляющих абсолютной угловой скорости ($\omega_{xS}, \omega_{yS}, \omega_{zS}$) и три компоненты кажущегося ускорения в связанной системе координат (n_x, n_y, n_z);

3. Блок дополнительных датчиков вычисляет данные об угловом движении объекта на основе избыточной информации (в данном случае с акселерометров и магнитометров);

4. Блок БСО, осуществляет решение кинематических уравнений углового движения объекта на основе информации, получаемой с ДУС и с дополнительных датчиков;

5. Блок БИНС осуществляет интегрирование скомпенсированных сигналов акселерометров и выдает координаты объекта в виде параметров ϕ, λ, h ;

6. Разностные элементы, вычисляют ошибки оценивания углов Эйлера и координат ϕ, λ, h ;

7. Блок анализа ошибок, вычисляет средние квадраты ошибок оценивания углов ориентации и координат объекта и их предельные значения. Кроме того, блок анализа позволяет получить графики оценок углов и координат объекта на фоне их истинных значений для визуального анализа точности.

Моделирование БИНС в среде Matlab Simulink

Для исследования работоспособности алгоритма БИНС в комплексе с БСО необходимо придерживаться схемы моделирования, разработанной в среде *Matlab Simulink* [3]. Только требуется добавить блок БИНС с оценкой его ошибок. Модернизированная схема моделирования представлена на рис. 3.

На схеме рис. 3 в качестве основных датчиков представлены ДУС и акселерометры, играющие основную роль в работе БИНС. В качестве дополнительных датчиков используются, как и ранее, магнитометры и акселерометры (для алгоритма БСО). На схеме рис. 1 была показана связь алгоритма БСО с алгоритмом БИНС. Эта связь необходима при реализации алгоритма БИНС на основе кватернионов. В этом случае легко выполняется пересчет показаний акселерометров в земную систему координат.

На схеме имеется блок имитации исходных данных для задания углов ψ, v, γ и параметров ускорения объекта в земной

системе координат (в данном случае по синусоидальным законам в разрешенных пределах). Задание других многочисленных параметров для функционирования БСО и БИНС осуществляется с помощью управляющей программы *BINS.m*.

На схеме использованы как традиционные блоки, применяемые ранее при моделировании БСО [4] (*Imitate*, *DUS*, *Add_Sensor*, *Poisson*, *Quaternion to Angle*, *Angi*, *Compensator*, *Registr*), так и новые (*Accelerometer*, *Ideal_Co*, *Converter*, *BINS*), предназначенные для реализации алгоритма БИНС и его моделирования. Некоторое развитие получил блок *Imitate*, в который добавлена схема моделирования ускорений объекта в земной системе координат. На схеме использованы синусоидальные датчики, выдающие параметры ускорений V_{px} , V_{py} , V_{pz} , которые настроены на конкретные амплитуды, начальные значения и частоты.

акселерометров в земную систему координат. Это осуществляется с помощью конвертора *Converter*, который функционирует на основе кватернионного соотношения $L*N*L$.

Блок *BINS* на основе данных акселерометров в виде Ng вычисляет координаты объекта: φ , λ , h . Схема блока *BINS* представлена на рис. 4.

В схему блока *BINS* встроена подсистема dNg , вычисляющая ошибки акселерометров связанные с кажущимся ускорением. Эти ошибки компенсируются перед интегрированием сигналов ускорений – в итоге получаются истинные координаты объекта.

В блок БИНС подается вектор кажущегося ускорения, полученный в земной системе координат: $Ng = [n_{xg}, n_{yg}, n_{zg}]$, на выходе в результате компенсации ошибок и интегрирования получается вектор координат $Co = [\varphi, \lambda, h]$. Схема подсистемы dNg работает на основе формул (9).

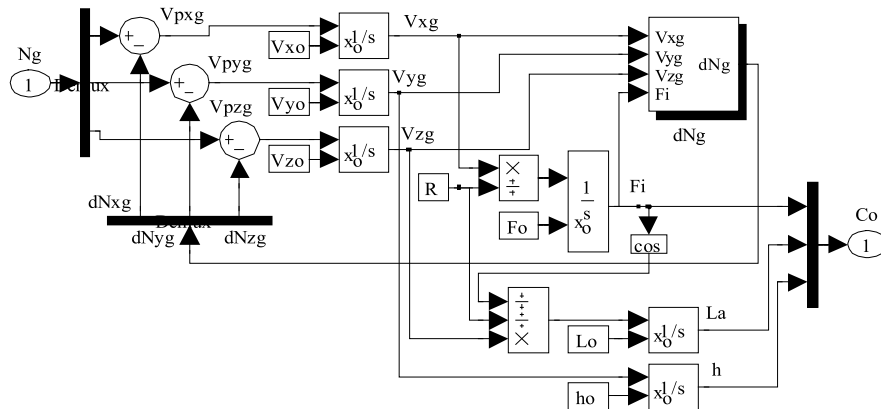


Рис. 4. Схема вычисления координат в земной системе

Блок моделирования ускорений *Accelerometer*, имеющий место на схеме рис. 3, работает на основе данных о составляющих ускорения объекта соответственно по осям Z, Y, X географической системы координат ($V'_{zg}, V'_{yg}, V'_{xg}$), данных об угле широты места φ и значений ускорения свободного падения g . Сначала в блоке *Accelerometer* вырабатываются сигналы по известным формулам (7), затем они пересчитываются в данные для выходов акселерометров – Nk с помощью матрицы направляющих косинусов Ao . Формула (7) содержит все составляющие кажущегося ускорения в земной системе координат: $Ng = [n_{xg}, n_{yg}, n_{zg}]$. Далее, пересчитав компоненты n_{xg}, n_{yg}, n_{zg} в связанную систему координат, получим компоненты кажущегося ускорения непосредственно с выходов датчиков – акселерометров (n_x, n_y, n_z).

Для получения данных в виде вектора Ng требуется конвертировать данные с

Блок вычисления идеальных координат объекта – *Ideal_Co* на основе информации об идеальных значениях скорости БПЛА, полученной в земной системе координат путем интегрирования истинных ускорений БПЛА, предварительно вычисляет идеальные значения координат БПЛА: φ , λ , h .

Анализ результатов моделирования БИНС

Проведено моделирование алгоритма БИНС для конкретного режима полета летательного аппарата. Были заданы следующие исходные данные по начальным параметрам и динамике.

По угловому положению: законы изменения углов рыскания, тангажа и крена заданы синусоидальными с такими же параметрами, как и в предыдущих примерах: рыскание – начальное значение $\psi_o = \arctg(V_{zg}/V_{xg})$, амплитуда $A_\psi = 1^\circ$, частота $w_\psi = 0,1$ Гц; тан-

гаж – начальное значение $v_o = 0,131^\circ$, амплитуда $A_v = 1,5^\circ$, частота $w_v = 0,15$ Гц; крен – начальное значение $\gamma_o = 0,131^\circ$, амплитуда $A_\gamma = 0,3^\circ$, частота $w_\gamma = 0,2$ Гц.

координатам: $CKOfi = 1,4 \cdot 10^{-16}$; $CKOla = 3,9 \cdot 10^{-17}$; $CKOh = 2,0 \cdot 10^{-8}$. Предельные ошибки в процентах составили: $dFi = 4,5 \cdot 10^{-6}\%$; $dLa = 1,6 \cdot 10^{-6}\%$; $dh = 1,4 \cdot 10^{-5}\%$.

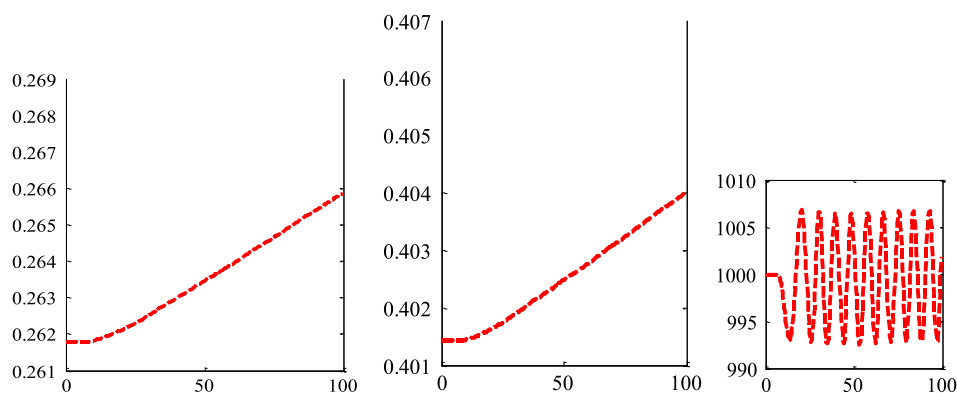


Рис. 5. Изменение угла широты, угла долготы и высоты полета

По ускорениям ЛА на основе синусоидальных законов в земной системе координат: по оси Xg : с амплитудой $Vpxa = 4,6$ м/с²; начальным значением $Vpxb = 0$ м/с²; частотой $Vpxw = 0,5$ Гц; по оси Yg : с амплитудой $Vpya = 2,5$ м/с²; начальным значением $Vpyb = 0$ м/с²; частотой $Vpyw = 0,6$ Гц; по оси Zg : с амплитудой $Vpza = 3,5$ м/с²; начальным значением $Vpzb = 0$ м/с²; частотой $Vpzw = 0,4$ Гц.

По скоростям в земной системе координат – начальные значения: $Vxo = 250$; $Vyo = 0$; $Vzo = 150$. По навигационным координатам – начальные значения: $\phi_o = 15$ град; $\lambda_o = 23$ град; $h_o = 1000$ м.

Проводилась симуляция заданного режима полета и совместной работы БСО и БИНС в течение 100 с, были получены графические результаты, представленные на рис. 5. На рис. 5 представлено изменение угла широты ϕ от начального значения 0,2618 радиан (15 град.) до 0,2658 радиан (15,23 град.), угла долготы λ от начального значения 0,2618 радиан (15 град.) до 0,2658 радиан (15,23 град.) и высоты полета h от начального значения 1000 м по синусоидальному закону с амплитудой около 7 м.

Задачей исследования эффективности БИНС является анализ точности оценивания координат подвижного объекта. С этой целью на основе информации об идеальных значениях скорости БПЛА, полученной в земной системе координат путем интегрирования истинных ускорений, предвзвешенно вычисляются идеальные значения координат ЛА: ϕ , λ , h (рис. 2).

По формулам математической статистики получены средние квадраты ошибок (СКО) по рассматриваемым

Выводы

Моделирование алгоритма БИНС проведено с помощью программной среды *Matlab Simulink*. В качестве результатов моделирования приведены графики основных процессов и численные результаты по ошибкам оценивания углов ориентации. Результаты компьютерного эксперимента подтверждают эффективность алгоритма БИНС в системах определения пространственного положения маневренных подвижных объектов в широком диапазоне сигналов и шумов. Ввиду незначительного расхождения результаты в виде графиков оценок практически совпадают с реальными углами, что доказывает эффективность компенсации ошибок дрейфа показаний гироскопов. В итоге компенсация дрейфа гироскопов, применяемая в алгоритме оценивания на основе кватернионов дает высокую точность оценок (не хуже 0,000005 %).

Список литературы

1. Белочкин П.Е., Кацай Д.А. Особенности моделирования бесплатформенной системы ориентации по уравнениям Эйлера в среде Matlab и Mathcad. // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5. – С. 18–20.
2. Волков В.Л., Жидкова Н.В. Обработка информации в системе ориентации на основе МЭМС. – Н. Новгород: Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2015. – № 108. – С. 265–272.
3. Жидкова Н.В., Волков В.Л. Моделирование бесплатформенной системы ориентации. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL <http://www.science-education.ru/121-17099>.
4. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. / под ред. В.Я. Распопова. – СПб.: ГИЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор», 2009. – 280 с.
5. Volkov V.L. Mathematical modeling of inertial measurement systems. /International Journal Of Applied And Fundamental Research. – 2015. – № 2; URL: www.science-sd.com/457-24631.
6. Woodman O.J. An introduction to inertial navigation. Technical reports published by the University of Cambridge Computer Laboratory are freely available via the Internet: <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/> 2007. – 37 p.

УДК 621.798.158

ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ УГОЛКОВ ДЛЯ УПАКОВКИ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

Гиревая Х.Я., Коляда Л.Г., Пономарев А.П.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: chem@magtu.ru

Многослойные уголки используются для защиты торцевых частей и кромок рулонов и пачек различных листовых материалов, в том числе металлов, во время транспортировки и хранения. Применение вощеных защитных уголков в упаковке металлопродукции вызывает аллергические реакции у персонала. В работе проведен химический анализ покровного слоя защитных многослойных вощеных уголков на основе картона. Установлено, что покровной слой содержит нитрит-ионы, которые способны вызывать аллергический зуд. Методом синхронного термического анализа (ДСК/ТГ) установлено, что температуры плавления и разложения покровного слоя не соответствуют чистому парафину. Микрорентгеноспектральным анализом выявлено наличие углерода, кислорода, кальция и кремния. ИК-спектры покровного слоя выявили наличие кислород- и азотсодержащих функциональных групп.

Ключевые слова: уголок защитный многослойный, картон, парафин, ингибитор коррозии, нитрит натрия, битум

THE QUALITY PROBLEM OF MULTILAYER ANGLE BARS FOR METAL PRODUCTION PACKAGING

Girevaya H.Y., Kolyada L.G., Ponomarev A.P.

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: chem@magtu.ru

Multilayer angle bars are used to protect end parts and edges of rolls and packs of different sheet materials, including metals, during transportation and storage. Use of waxed protective angle bars in the package of steel products cause allergic reactions in staff. In the work it have been conducted chemical analysis of the coating layer of multilayer protective waxed angle bars on the cardboard base. It was found that the coating layer contains nitrite ions which can cause allergic itching. The method of synchronous thermal analysis (DSC/TG) found that the melting temperature and decomposition of the coating layer doesn't correspond to pure paraffin. Microrentgenspectral analysis revealed the presence of carbon, oxygen, calcium, and silicon. The infrared spectra of the coating layer revealed the presence of oxygen – and nitrogen-containing functional groups.

Keywords: multilayer protective angle bar, cardboard, paraffin, corrosion inhibitor, sodium nitrite, bitumen

Уголок защитный многослойный является композиционным изделием, которое может состоять из целлюлозных, полимерных, металлизированных слоев или волокон, поливинилацетатной дисперсии (ПВА), парафина или воска, а также ингибиторов коррозии. Одним из направлений использования многослойных уголков является защита торцевых частей и кромок рулонов и пачек различных листовых материалов (в том числе металлов) во время транспортировки и хранения (рис. 1).

Такие защитные уголки изготавливаются методом последовательной прессовки нескольких слоев картона и формовки требуемого профиля с использованием специального клея, что формирует прочную структуру уголка. Для упаковки металлопродукции, как правило, используются влагостойкие вощеные уголки, содержащие ингибиторы коррозии и изготовленные в соответствии с ТУ 5459-002-64454690-2012 Уголок защитный многослойный. Но, как показала практика, не всегда показатели качества, указанные в сертификате на данную продукцию, соответствуют действительности. Во-первых, указанные уголки имели специфический неприятный запах, во-вторых, работа с ними при упаковке ме-

таллопродукции вызывала негативные реакции у рабочих (покраснение и зуд кожных покровов). Это позволило предположить, что поверхностное покрытие уголков не является парафином, как заявлено в сертификате качества на данную продукцию.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании покровного слоя защитных многослойных вощеных уголков.

Для пропитки и покрытий технических сортов бумаги и картона применяется парафин марки Т-3. Он пассивен к большинству химических реагентов: окисляется кислородом или азотной кислотой при 140 °С. Кроме парафина, для упаковки металлоизделий допускается применение 100 %-го дистиллятного гача (гач – это плохо очищенный парафин, содержащий масла и смолы) или смеси дистиллятного гача с парафином.

Массовую долю покровного слоя определяли методом экстрагирования по ГОСТ 9569-2006. Бумага парафинированная. Определение основано на многократном экстрагировании парафина органическими растворителями (толуолом), сушке и взвешивании картона после экстрагирования. Массовая доля покровного слоя в уголке составила 3,3 %.



Рис. 1. Защитные многослойные уголки

Для химического анализа покровного слоя защитных уголков предварительно были приготовлены вытяжки в различных растворителях. В качестве растворителей использовали воду, серную и азотную кислоты, гидроксид натрия, бензол, толуол, хлороформ, диэтиловый эфир. Экстракция растворителем применяется для выделения веществ из смесей.

Из анализа вытяжек установлено:

- водный дистиллят имеет pH 4,5, раздражает кожные покровы и вызывает аллергический зуд;

- растворение покровного слоя в неполярных органических растворителях – бензоле, толуоле, хлороформе, диэтиловом эфире подтверждает наличие в составе покрытия углеводородных радикалов.

Таким образом, проведенный химический анализ, наличие специфического запаха, а также визуальный осмотр образцов позволяют сделать предположение, что картонные уголки покрыты гач-парафином.

Анализ покровного слоя защитных уголков на наличие ингибиторов коррозии проводили по ГОСТ 16295-93 Бумага противокоррозионная. Положительные результаты подтверждают присутствие в водных вытяжках нитрит-ионов (NO_2^-). Присутствие нитрит-ионов в водных вытяжках было также обнаружено качественными реакциями [1]: обесцвечиванием раствора перманганата калия (KMnO_4) в присутствии ионов (NO_2^-) и окислением иодида калия (KI) нитритами до иода (I_2).

Нитрит натрия входит в состав наиболее употребляемых ингибиторов атмосферной коррозии (УНИ, НДА и др.) [2, 3]. По степени воздействия на организм человека технический нитрит натрия относится к веществам 3-го класса опасности. При длительном контакте он поражает кожу и вызывает отечность рук и ног. Количество ингибитора коррозии УНИ (нитрита натрия уротропина в соотношении 1:1), определенное по ГОСТ 16295-93 составило 46,4 г/м².

На рис. 2 представлена фотография поверхности картонного уголка, полученная методом сканирующей электронной микроскопии (РЭМ). Образец содержит отчетливо проявляющиеся вкрапления инородных твердых частиц, которые не имеют отношения к целлюлозе и парафину (белые точки на электронной фотографии).

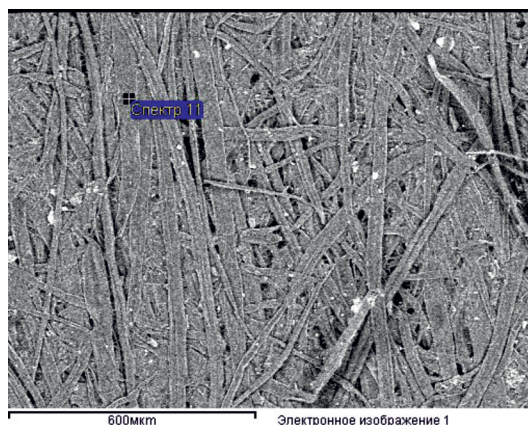


Рис. 2. Изображение поверхности картонного уголка, полученное методом сканирующей электронной микроскопии в отраженных электронах

Из анализа кривых синхронного термического анализа картонного вошеного уголка (рис. 3) следует: по мере повышения температуры первая потеря массы (1,39%) наблюдается в температурном интервале 53,9°C – 80°C, где происходит потеря адсорбционной влаги [4]. Вторая потеря массы (3,38%) при температуре около 200°C связана с испарением летучей части азотсодержащего ингибитора. Пик при температуре 367,9°C соответствует разложению материала покровного слоя и целлюлозы. Остаточная масса (3,23%) соответствует неорганическим компонентам.

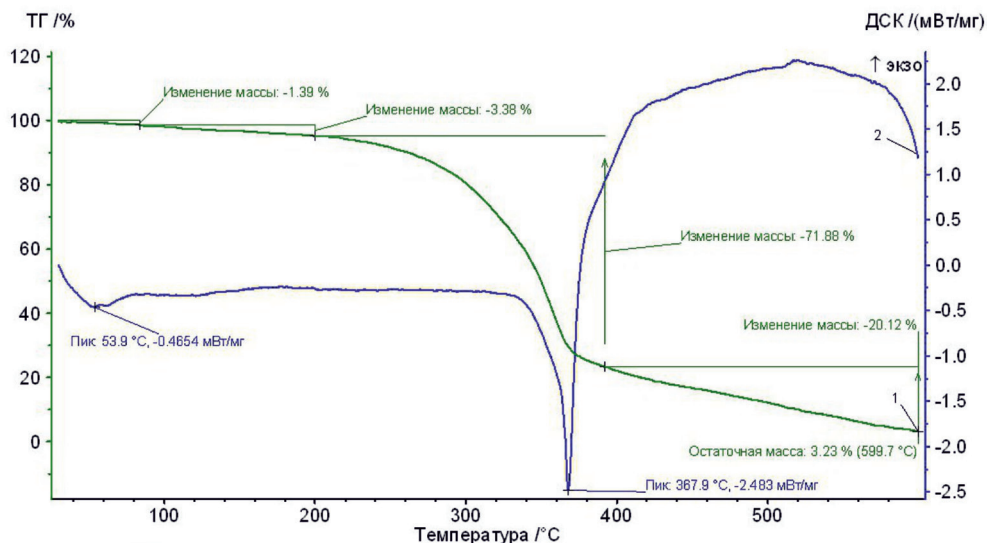


Рис. 3. Кривые синхронного термического анализа картонного уголка: 1 – термогравиметрическая кривая; 2 – кривая дифференциальной сканирующей калориметрии

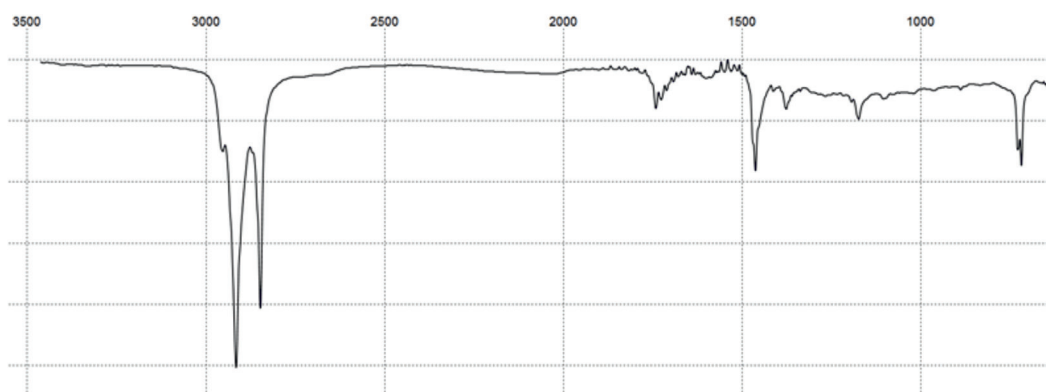


Рис. 4. ИК-спектр экстракта в хлороформе

Методом инфракрасной (ИК) спектроскопии в спектре экстракта покровного слоя защитного уголка в хлороформе (рис. 4) обнаружены [5]:

- полоса сильной интенсивности при 2950 см^{-1} , соответствующая асимметричным валентным колебаниям метильной группы $-\text{CH}_3$, присущая алканам;
- группа колебаний сильной интенсивности $2900\text{--}2840\text{ см}^{-1}$, соответствующая валентным колебаниям метиленовых групп $-\text{CH}_2$ алканов;
- полоса 1760 см^{-1} , соответствующая колебаниям карбонильной (сложноэфирной) группы $\text{C}=\text{O}$;
- полоса в области 1250 см^{-1} соответствует колебаниям $\text{N}-\text{O}$ связи;
- полоса 1037 см^{-1} , соответствующая колебаниям, связанным с группой $\text{C}-\text{O}-\text{H}$ в спиртах фенольного происхождения;

– полоса при 2390 см^{-1} соответствует нитритной группе $-\text{O}-\text{N}=\text{O}$.

Методом ИК-спектроскопии в составе покровного слоя выявлено наличие кислорода, азотсодержащих функциональных групп, в то время как парафин для изоляции не должен их содержать.

Результаты проведенных исследований показывают, что покровный слой поверхности защитных многослойных уголков производства ООО «Европак Термопласт» растворяется в полярных растворителях, следовательно содержит полярные активные группы. Вещества, входящие в состав покровного слоя уже при низких температурах начинают окисляться азотной и серной кислотами с выделением газообразных продуктов, в том числе опасных газов NO и NO_2 . Водная вытяжка содержит нитрит-ионы, что подтверждается химическим

анализом. Содержание нитрита натрия – 46,4 г/м². Водный дистиллят покровного слоя раздражает кожные покровы и вызывает аллергический зуд.

Метод дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) позволил определить температуры и теплоту плавления, фазовые переходы. При температуре около 200°C происходит разложение материала покровного слоя. Следовательно, картон покрыт более низкокипящими фракциями, чем парафин.

Методом ИК-спектроскопии в составе покровного слоя выявлено наличие кислорода, азотсодержащих функциональных групп, в то время как парафин для вождения не должен содержать их.

Исследование качества защитного многослойного уголка для упаковки металлопродукции показывает несоответствие техническим условиям на данный вид продукции. Покровной слой уголка содержит

дистиллятный гач, азотсодержащие ингибиторы коррозии и требует определенных мер защиты при упаковке металлопродукции.

Список литературы

1. Алексеев В.Н. Курс качественного химического полумикроанализа. Изд. 5-е, перераб. и доп. М.: «Химия», 1973. – 584 с.
2. Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии металлов. – К.: Техніка, 1981. – 183 с.
3. Калугина Н.Л. Получение целлюлозного композиционного материала для упаковки металлопродукции / Н.Л. Калугина, Л.Г. Коляда, Н.Л. Медяник, И.А. Варламова, Х.Я. Гиревая, Л.А. Бодьян // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – С. 41.
4. Коляда Л.Г., Катюшенко О.М., Салихова Л.Р. Изучение защитных свойств комбинированных упаковочных материалов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2007. – № 1. – С. 110–112.
5. Купцов А.Х., Жижин Г.Н. Фурье-спектры комбинационного рассеяния и инфракрасного поглощения полимеров. Справочник. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 656 с.

УДК 372.800.4

ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РОБОТОТЕХНИКИ В КУРСЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Гребнева Д.М.

ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»
(филиал) в городе Нижнем Тагиле, Нижний Тагил, e-mail: grebdash@gmail.com

В настоящее время программирование – перспективное направление информатики. Однако в процессе обучения преподаватели нередко сталкиваются с проблемой низкой мотивации обучающихся к изучению данного курса, что может быть объяснено, в частности, высоким уровнем абстрактности понятий программирования и многоплановостью деятельности по составлению кода решения учебных и практических задач. В настоящей статье в качестве введения рассмотрено понятие «робототехника», а также приводится типовая структура обучающего робота. Далее выделены возможности изучения элементов робототехники в курсе программирования для повышения мотивации студентов. Рассмотрены популярные обучающие робототехнические наборы, а также среды программирования, позволяющие создавать и управлять симуляторами роботов.

Ключевые слова: робототехника, программирование, понятие робототехники, дидактические особенности робототехники, обучающие робототехнические наборы, симуляционная среда управления роботами

THE DIDACTIC POTENTIAL LEARNING ELEMENTS OF ROBOTICS IN THE COURSE OF PROGRAMMING LANGUAGE

Grebneva D.M.

FGAOU VPO «The branch of the Russian State Vocational Pedagogical University» in Nizhniy Tagil city,
Nizhniy Tagil, e-mail: grebdash@gmail.com

Nowadays programming is a perspective trend of computer science. However, during the teaching process teachers often faced with low students' motivation to the study of this course. It can be explained, in particular, with a high level of abstract of concepts of programming and cross-cutting activities of making codes of educational solutions and practical problems. In the beginning of this article the term «robotics» is considered. Also a typical structure of the training robot is analyzed. Next the author lists the opportunities of studying the elements of robotics in the programming courses to improve students' motivation. Popular educational robotic kits, and programming environments, allowing you to create and control the robot simulator are also considered.

Keywords: robotics, programming, the notion of robotics, didactic features of robotics, learning robotics constructors, robots controlling simulation environment

Возникновение новых научных направлений, технических средств и технологий, позволяет реализовать обучение программированию на качественно другом уровне. Одним из таких направлений является робототехника. Все более распространяющееся увлечение молодежи робототехникой может быть использовано для повышения эффективности обучения программированию: решение интересной практической задачи по «обучению» робототехнических устройств определенному алгоритму действий естественным образом мотивирует обучающихся к активной и целенаправленной работе со знаково-символическими средствами, до этого для них скучной и непонятной. Робототехника привлекает обучающихся новизной и разнообразием методов работы, актуальностью содержания, возможностью наглядного представления результата своей знаково-символической деятельности.

В зависимости от предметной области в определении понятия «робототехника» выделяют те или иные признаки (таблица).

Как видно из определений робототехники, ее основным понятием является робот – универсальный автомат, для осуществления механических действий, подобных тем, что производит человек, выполняющий физическую работу.

Современный робот представляет собой устройство, состоящее из нескольких систем, а именно: управляющей, исполнительной, сенсорной, – а также системы связи [1]. Система связи предназначена для обмена информацией робота с человеком и другими устройствами, а также между устройствами, входящими в состав робота.

Управляющая система – это «мозг» робота. Служит для выработки закона управления приводами (двигателями) механизмов исполнительной системы на основе сигналов обратной связи от сенсорной системы, а также для организации общения робота с человеком на том или ином языке. Интеллектуальные способности робота зависят, прежде всего, от алгоритмического и программного обеспечения его управляющей системы.

Определение понятия «Робототехника»

Определение	Источник
Робототехника – производственная техника, основанная на применении роботов	Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка
Робототехника – область науки и техники, ориентированная на создание роботов и робототехнических систем, построенных на базе мехатронных модулей	Приказ Минобрнауки РФ от 9.11.2009 № 545 «Об утверждении и введении в действие ФГОС ВПО по направлению подготовки 221000 «Мехатроника и робототехника»
Робототехника – технические устройства, связанные с изготовлением и применением роботов	Современный энциклопедический словарь под ред. Т.Ф. Елфимовой
Робототехника – прикладная наука, занимающаяся вопросами построения технических систем, функционально эквивалентных некоторым из важнейших систем человеческого организма	Накано Э. Роботы и робототехника

Исполнительная система, определяющая «моторику» робота, т. е. его способности совершать разнообразные движения, служит для отработки управляющих сигналов, формируемых управляющей системой, и воздействия на окружающую среду. Это, например, механические руки (манипуляторы), механические ноги (педипуляторы), синтезаторы речи, графопостроители и многое другое.

Сенсорная система – это искусственные органы чувств робота. Как и человеческие, предназначены для восприятия и преобразования информации о состоянии внешней среды и самого робота.

В качестве элементов сенсорной системы робота обычно используются телевизионные и оптико-электронные устройства, лазерные и ультразвуковые дальнометры, тактильные и контактные датчики, датчики положения, тахометры, акселерометры, гироскопы и т.п.

Система связи организует обмен информацией между роботом и человеком или другими роботами. Цель такого обмена – формулировка человеком заданий роботу, организация диалога между человеком и роботом, контроль за функционированием робота, диагностика неисправностей и регламентная проверка робота.

В настоящее время для образовательных целей созданы такие робототехнические наборы, как Lego NXT 2.0. (Ev3), Pop-Bot Parallax, iRobotCreate.

LEGO Mindstorms – это конструктор (набор сопрягаемых деталей и электронных блоков) для создания программируемого робота. К достоинствам этого конструктора можно отнести большую функциональность, большее количество инструкций для сборки различных моделей роботов на русском языке.

Наборы LEGO Mindstorms комплектуются набором стандартных деталей LEGO

(оси, колеса, шестерни и др.) и набором, состоящим из сенсоров, двигателей и программируемого блока. Наборы делятся на базовый набор и расширенный. Базовый набор поставляется в двух версиях: версия для широкой продажи и базовый обучающий набор. Оба набора могут быть использованы для участия в соревнованиях робототехники (например, во Всемирной олимпиаде роботов (англ. World Robot Olympiad)). Расширенный набор содержит большее количество деталей.

Pop-Bot Parallax представляет собой роботизированную платформу на базе модуля управления BASIC Stamp. Включает в себя все необходимое для сборки – алюминиевую платформу, сервоприводы непрерывного вращения, колеса, датчики, крепеж. На платформе имеется макетная плата, что расширяет возможность подключения дополнительных компонентов.

Большое количество примеров для Pop-Bot Parallax позволяет познакомиться состраиваемыми системами, освоить работу аппаратной части (датчики, исполнительные устройства) и принципы программирования. Для начала работы с набором не требуется особых знаний в области робототехники, электроники и программирования.

I-Robot Create – это учебный робот, созданный на основе популярного робота-пылесоса, разработанный и продаваемый компанией iRobot. Встроенный ультразвуковой датчик и дифференцированный привод робота позволяют изучить основные приемы работы с робототехническими устройствами. Устройство представляет собой диск 34 см в диаметре и до 9 см в высоту. Большой контактный датчик установлен в передней части устройства, с инфракрасным датчиком по центру в верхней передней части. В зависимости от модели, робот поставляется с одним или двумя инфракрасными датчиками «Виртуальная стена»,

а некоторые модели и с «Виртуальными стенами – маяками».

Кроме робототехнических наборов, в настоящее время актуально использование симуляционных сред управления движением робота. Наиболее популярной средой управления роботами, поддерживающей симуляцию, является Microsoft Robotics Developer Studio (MRDS) [1].

Платформа MRDS включает в себя язык визуального программирования Visual Programming Language (VPL) и имитационную визуальную 3D-среду. Язык визуального программирования Visual Programming Language (VPL) предлагается в качестве средства описания алгоритмов поведения роботов для начинающих программистов (в том числе данный язык программирования может изучаться студентами первых курсов), язык C# – для профессиональных. Написание программы на VPL заключается в выборе подходящих компонентов для решения поставленной задачи и устанавливания связи между ними.

Среда Microsoft Development Robotics Studio может быть с успехом использована в образовательных целях. К ее достоинствам можно отнести:

- бесплатную лицензию для учебных заведений;
- достаточно легкий старт для начала использования;
- наличие учебно-методических материалов для организации обучения и проведения учебных исследований;
- сценический подход к моделированию окружающего мира, позволяющий создавать и размещать их в определенных местах виртуальной среды (сцены);
- развитые средства графики, позволяющие точно моделировать визуальную составляющую окружающего мира;
- возможность учета законов физики при построении модели.

Отметим некоторые дидактические особенности использования сред управления роботами и робототехнических наборов в учебном процессе:

– среды управления роботами (Microsoft Robotics Studio, Arduino, Parallax Boe-Bot, Lego NXC-G) поддерживают популярные языки программирования (C#, Visual Basic), которые имеют практическую значимость для будущей профессиональной деятельности;

– робототехнические конструкторы дают возможность обучающимся манипулировать не только виртуальными, но и реальными объектами. Это имеет немаловажное значение для успешного освоения учебного материала обучающимися с разными ведущими каналами восприятия. Обработка информации с помощью датчиков и настройка датчиков дают студентам представление о различных вариантах понимания и восприятия мира живыми системами;

– виртуальные среды (например, Visual Simulation Environment) позволяют не только управлять запрограммированными роботами, но и непосредственно создавать окружающие предметы. Таким образом, если в группе студенты имеют разные интересы и увлечения (компьютерная графика, дизайн, программирование), можно объединять их в группы и разделять обязанности: кто-то программирует робота, кто-то создает окружающую среду. Коллективная работа позволяет студентам получать навыки сотрудничества при разработке проекта, что особенно актуально в настоящее время.

Таким образом, введение элементов робототехники при изучении программирования позволит заинтересовать студентов, разнообразить учебную деятельность, использовать групповые активные методы обучения. Следует отметить, что совместное изучение программирования и робототехники за рубежом приобретает все большую популярность и дает положительные результаты, о чем свидетельствует ряд исследований [3, 4, 5].

Список литературы

1. Гай В.Е. Microsoft Robotics Developer Studio. Программирование алгоритмов управления роботами / В. Е. Гай. – М.: Эком, 2012. – 184 с.
2. Юревич Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 203 с.
3. Cincelli S., Festi G. Teaching with robotics: different experiences at school after the TERECoP courses Intl. Conf. on SIMULATION, MODELING and PROGRAMMING for AUTONOMOUS ROBOTS Darmstadt (Germany) November 15-16, 2010, P. 429–438.
4. Lith P. Teaching Robotics in Primary and Secondary schools Comlab Conference, Radovljica (Slovenia), 2007. – P. 1–4.
5. McWhorter W.I. The Effectiveness of Using Lego MindStorms Robotics Activities to Influence Self-Regular Learning in a University Introductory Computer Programming Course Dissertation of Doctor of Philosophy, Denton, Texas. 2008. – 144 p. Режим доступа: <http://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc6077/>.

УДК 669.2/8:669.3:669.049.44

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ЗОННОЙ ПЛАВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ

Даулетбаков Т.С., Досмухамедов Н.К., Меркулова В.П., Жолдасбай Е.Е., Нурлан Г.Б.*Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, e-mail: nurdos@bk.ru*

В работе приведены результаты по получению сверхчистой меди способом зонной плавки. Разработана новая конструкция установки зонной плавки, позволяющая обеспечивать высокую степень очистки металлов от примесей. На примере очистки меди чистотой 99,96% от примесей установлено, что при использовании индукционного нагревателя для нагрева металла и магнитных колец, обеспечивающих перемешивания жидкой фазы, достигается эффективное снижение суммарного содержания примесей в очищаемом металле с 380 ppm до 10 ppm. В результате проведенных исследований получена сверхчистая медь чистотой 99,998%.

Ключевые слова: очистка, зонная плавка, примеси, индукционный нагреватель, магнитные кольца, перемешивание жидкой фазы

METHOD AND APPARATUS FOR ZONE MELTING HIGH-PURITY METALS

Dauletbakov T.S., Dosmukhamedov N.K., Merkulova V.P., Zholdasbay E.E., Nurlan G.B.*Kazakh National Research Technical University after of K.I. Satpaev, Almaty, e-mail: nurdos@bk.ru*

The results of the production of ultra-pure copper zone melting method. A new design of the installation zone melting, which allows to provide a high degree of purification of metals. For example treatment of copper of 99,96% purity from impurities found that by using an induction heater to heat the metal magnetic rings providing mixing of the liquid phase is achieved by effectively reducing the total content of impurities of 380 ppm to 10 ppm. The studies produced ultrapure copper purity of 99,998%.

Keywords: cleaning, zone melting, impurities, induction heater, the magnetic ring, mixing of the liquid phase

Интенсивное мировое развитие электроники, полупроводниковых приборов и других направлений в области высоких технологий вызывает большую потребность в многофункциональных материалах повышенной чистоты. Высокая степень чистоты материалов, получаемых с использованием сверхчистых металлов, предопределяет рост экономической эффективности их использования: расширяются функциональные возможности, улучшаются эксплуатационные характеристики.

Особую актуальность развитие данного направления представляет для Казахстана. Наличие в Казахстане богатой минерально-сырьевой базы, развитой металлургической и химической промышленности, высокой энергообеспеченности, соответствующего научно-технического потенциала и определенного научного задела в области высоких технологий создает хорошие возможности для организации новых производств по выпуску сверхчистых металлов, необходимых для изготовления многофункциональных сплавов и материалов, используемых в высокоэффективной полупроводниковой отрасли.

Однако недостаточное развитие в республике современных высокоэффективных, наукоемких производств по выпуску сверхчистых металлов на основе металлов, производимых на отечественных предприятиях, сдерживает расширение такого важного направления, как получение многофункциональных сплавов и материалов целевого назначения.

Комплексный анализ рынков сбыта отечественной металлопродукции показывает, что он характеризуется диспропорцией между горнодобывающей и обрабатывающей промышленностью, неразвитостью машиностроительного комплекса, а выпускаемая продукция металлургической промышленности ориентируется на зарубежных потребителей. Сегодня вся металлопродукция (сверхчистые металлы и сплавы) в республику завозится из-за рубежа. Постоянно растущая потребность в сверхчистых металлах и сплавах не удовлетворена и с каждым годом данная проблема становится острее. Создание конкурентоспособных технологий производства многофункциональных материалов и сплавов может вывести Казахстан в число потенциальных партнеров производителей высокотехнологичных продуктов и занять соответствующую нишу на мировом рынке. В рассматриваемом ракурсе вполне очевидным представляется необходимость расширения ассортимента на действующих предприятиях выпуска металлопродукции высоких переделов – сверхчистых металлов с высокой добавленной стоимостью. Решение данного вопроса требует разработки высокоэффективной технологии, адаптированной к условиям действующих предприятий.

Создание новых низкзатратных, высокоэффективных прецизионных технологий получения сверхчистых металлов с целью дальнейшего синтеза новых многофункциональных материалов с заданными свойствами требует проведения дополнительных

исследований. Решение указанных задач представляет особую актуальность для развития нового направления – получения новых многофункциональных материалов (сплавов) из сверхчистых металлов, получаемых в Казахстане.

Анализ научно-технической литературы показывает, что одними из наиболее распространенных и зачастую наиболее эффективных методов глубокой очистки металлов от примесей и получения особо чистых металлов являются различные варианты методов направленной кристаллизации, одной из разновидностей которых является метод зонной плавки (иногда используется термин зонная перекристаллизация).

В настоящей работе приводятся результаты получения сверхчистой меди методом зонной плавки, которая нашла широкое применение для получения высокочистых материалов для электронной промышленности. Рост и повышенный интерес к использованию меди в качестве конструкционного материала в микроэлектронике свидетельствует об актуальности разработки промышленной технологии производства высокочистой меди методом зонной плавки.

Метод зонной плавки и ее особенности

Зонная плавка изобретена в середине прошлого столетия. Свое развитие зонная плавка начала с разработки технологий получения германия, а затем и кремния высокой чистоты, необходимых для полупроводниковых изделий. В скором времени выяснилось, что данным способом можно получать и многие другие металлы высокой чистоты [1–5].

Процесс глубокой очистки металлов от примесей с использованием зонной плавки, по сравнению с другими методами получения высокочистых металлов, отличается высокой степенью разделения металлов, относительно низкой энергоемкостью, технической простотой, отсутствием агрессивных кислых или щелочных сбросовых растворов и минимальной степенью загрязнения окружающей среды.

В то же время, при использовании зонного рафинирования для очистки разных металлов от примесей, получаемые результаты, существенно разнятся между собой, поскольку физико-химические свойства исходных металлов и содержащихся в них примесей очень сильно различаются. Анализ результатов применения зонной плавки для различных металлов показывает, что возможность применения и получаемые при этом результаты рафинирования металлов с помощью зонной плавки зависят от целого ряда факторов. Основными из них являются физико-химические свойства основного металла – температура плавления, электро- и теплопроводность, поверхностное

натяжение жидкого металла (для некоторых вариантов организации зонной плавки), химическая активность металла и примесных элементов, коэффициенты диффузии примесных элементов в жидком и твердом металле и т.д.; состав и свойства газовой фазы; методы нагрева (расплавления); величина равновесных и эффективных коэффициентов распределения примесей между жидкой и твердой фазами; ширина зоны расплавленного металла; интенсивность перемешивания металла в расплавленной зоне; скорость перемещения расплавленной зоны; кратность прохода и др.

Анализ результатов работ [6–8] по получению сверхчистой меди зонной плавкой показывает, что такие свойства меди, как высокая теплопроводность, способность образовывать интерметаллические соединения, невысокие коэффициенты разделения для целого ряда примесей в меди, являются не самыми благоприятными факторами для применения зонной плавки для получения высокочистой меди. Возможно, по этой причине на ранних стадиях развития зонной плавки попытки провести эффективную глубокую очистку меди от примесей с помощью данного метода были не совсем удачными. Об этом родоначальник метода зонной плавки В.Дж. Пфанн отметил: «...Сведения о зонной очистке меди того периода довольно разноречивы, поэтому существенной очистки меди с применением зонной плавки достичь не удалось...» [2].

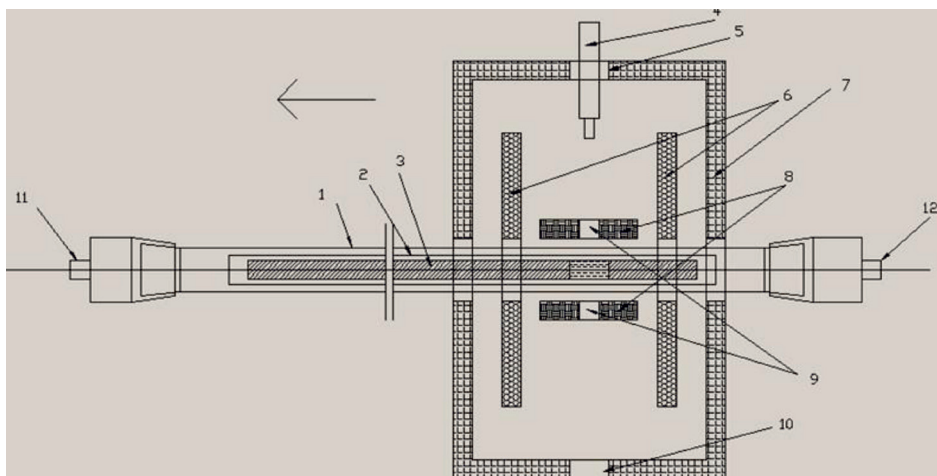
Со временем, в результате совершенствования как методики проведения технологии зонной очистки, так и ее аппаратного оформления, стало возможным получение меди высокой чистоты методом зонной плавки. Так, в работах [6–8] приведены результаты получения меди повышенной чистоты различными способами, в том числе и с применением зонной плавки. Рассмотрены вопросы влияния газовой атмосферы и величины коэффициента разделения примесей на результаты очистки меди. В частности, в работе [6] показано, что при зонной плавке меди, проводимой в атмосфере аргона, наиболее эффективно удаляются из меди примеси с коэффициентом распределения менее 0,4, например, такие примеси, как Sn, As, Sb и Zr. В целом, авторы указывают на принципиальную возможность осуществления глубокой очистки меди методом зонной плавки при надлежащем аппаратном оформлении и тщательной отладке технологических режимов процесса.

Как отмечается в специальной литературе, важнейшее значение для процесса зонной плавки имеет метод нагрева и расплавления металла в рабочей зоне. Учитывая особенности свойств меди, наиболее предпочтительным способом выглядит индукционный нагрев с созданием максимально узкой зоны

расплавленного металла. Такой способ позволит снизить степень нагрева контейнера (а значит, и повторное загрязнение меди), уменьшит потери тепла. В результате создания узкой зоны расплавленного металла будет обеспечиваться максимально возможная при прочих равных условиях степень очистки металла за счет резкого увеличения скорости диффузионного переноса примесей в зоне жидкой меди.

перемешивание расплава в зоне плавления за счет использования индукционного нагревателя и наложения магнитного поля вдоль фронта кристаллизации и плавления с помощью магнитных колец.

Выбранное решение позволило достичь уменьшения диффузионного сопротивления и обеспечить оптимальное перераспределение примесей между твердой и жидкой фазами. Температура металла в зоне



Конструкция установки зонной плавки для получения сверхчистого металла:

- 1 – кварцевый реактор; 2 – кварцевая лодочка; 3 – пруток меди; 4 – оптический пирометр;
5 – окно в печи для ввода оптического пирометра; 6 – магнитные кольца; 7 – нагревательный блок; 8 – индуктор; 9 – окно для измерения температуры расплава; 10 – окно для ввода оптического пирометра; 11 – вход аргона; 12 – выход аргона

Основным недостатком известных процессов зонной плавки является невозможность масштабирования агрегата, так как скорость процесса определяется скоростью диффузии примеси в основном металле. Поэтому в промышленных условиях для получения большого количества высокочистого металла используются батареи одинаковых установок заданного размера.

Конструкция установки зонной плавки и методика получения сверхчистой меди

Принципиальное отличие идеи новой конструкции зонной плавки от существующих аналогов заключается в том, что основные параметры процесса: ширина и скорость движения расплавленной зоны зависят от распределения температуры, которое измеряется по ширине расплавленной зоны и прилегающих к ней частей слитка. Применение оптического метода позволяет бесконтактное измерение температуры и обеспечивает получение информации об ее распределении вдоль слитка.

Процесс очистки проводился в горизонтальном кварцевом реакторе в атмосфере аргона. Для снятия диффузионных ограничений было использовано интенсивное

плавления измерялась оптическим пирометром и использовалась как контрольный параметр для определения скорости движения расплавленной зоны.

Исследования по глубокой очистке меди от примесей были проведены с использованием новой конструкции установки зонной плавки, показанной на рисунке.

Установка состоит из кварцевого реактора (1), имеющего шлифы с двух сторон. В крышках шлифов предусмотрены отверстия для подачи (11) и выхода (12) инертного газа (аргон). В зависимости от исходного материала предусмотрена также опция работы в вакууме. В реактор устанавливается кварцевая лодочка (2), в которую загружается исходный пруток очищаемого металла (3). Для нагрева металла используется блок (7) с индукционным нагревателем (8). Блок имеет окна (5, 10) для ввода оптического пирометра (4). Окна сделаны сверху (5) и снизу (10) для проверки режимов контроля над движением печи. Скорость движения нагревателя вдоль прутка металла определяет скорость плавления металла и контролируется по показаниям оптического пирометра, измеряющего температуру в расплавленной зоне

металла. Форма индуктора (8) выбрана так, чтобы оптический пирометр мог контролировать температуру расплавленного металла по длине горячей зоны. Для этого предусмотрены окна (9) в индукторе. Внутри печи помещаются магнитные кольца (6), обеспечивающие перемешивание жидкой зоны.

(5 прогонов) конечные части прутка отрезали и получали сверхчистую медь.

Окончательные результаты по остаточному содержанию примесей в полученном металле, приведенные в таблице, показывают, что при выбранных технологических режимах и соответствующем аппаратном решении

Результаты очистки меди от примесей зонной плавкой

Наименование пробы	Содержание примесей, ppm														Сумма примесей, ppm
	Bi	Sb	As	Fe	Ni	Pb	Cr	Mn	Sn	Zn	P	Ag	B	Co	
Исходная медь	10	20	20	50	30	50	30	30	20	40	20	30	10	20	380
Медь, после очистки	но*)	но	2,8	но	но	но	0,1	2,9	но	но	но	но	3,8	0,2	9,8

Примечание. но* – не обнаружено.

Суть технологии заключается в том, что нагревательный блок, двигаясь вдоль очищаемого прутка металла, расплавляет узкую зону металла с помощью индукционного нагревателя. Примеси, присутствующие в металле, в зависимости от коэффициента распределения между жидкой и твердой фазой очищаемого металла, концентрируются в противоположных концах прутка очищаемого металла. После нескольких циклов плавления и кристаллизации концы прутка отрезаются и возвращаются в основной процесс получения очистки металла. Управление перемешиванием жидкого металла в расплавленной зоне является, наряду со скоростью кристаллизации, основным параметром, определяющим распределение примесей и структуру получаемого слитка.

Методика проведения экспериментов

В качестве исходного материала использовались прутки рафинированной меди чистотой 99,96%, длиной 800 мм, диаметром 35 мм. Исходный прутки меди весом 3 кг помещался в кварцевую лодочку, которая размещалась в кварцевом реакторе. В реакторе создавали инертную атмосферу подачей аргона.

Скорость движения индукционного нагревателя вдоль прутка металла – 300 мм/час. Температура металла в расплавленной зоне контролировалась оптическим пирометром и поддерживалась в пределах 1180–1230°C, что соответствует температуре превышения плавления меди на 100–150°C. По достижении заданной температуры образец выдерживался при различном времени (10, 15, 20 минут), после чего нагреватель перемещался вдоль прутка с охлаждением его до температуры на 30–50°C выше температуры плавления меди.

Примеси, передвигаясь вместе с расплавленной зоной вдоль прутка, концентрировались в перегретой зоне меди (образца). После необходимого количества прогонов

достигается глубокая очистка меди от примесей за счет снижения суммарного содержания примесей с 380 ppm до 10 ppm с получением сверхчистой меди чистотой 99,998%.

Выводы

1. Разработана новая конструкция зонной плавки для получения сверхчистых металлов. Установлено, что метод зонной перекристаллизации с применением индукционного нагрева и магнитных колец, используемых для обеспечения благоприятных условий перемешивания расплавленной зоны, позволяет получать сверхчистые металлы высокой чистоты.

2. На примере получения сверхчистой меди чистотой 99,998% показано, что эффективность глубокой очистки достигается в результате пяти проходов зоны.

3. Полученные результаты показывают принципиальную возможность использования разработанной установки для получения сверхчистых металлов из широкой линейки металлов, получаемых на действующих предприятиях Казахстана.

Список литературы

1. Вигдорович В.Н. Об очистке меди зонной перекристаллизацией. Известия АН СССР, Металлы. – 1970. – № 2. – С. 130–134.
2. Лозовский В.Н. Зонная плавка с градиентом температуры. – М.: Металлургия, 1972. – 165 с.
3. Пфанн В.Дж. Зонная плавка. Пер. с англ. – М., 1960.
4. Hoshikawa H. Refining Technology and Low Temperature Properties for High Purity Aluminium. Sumitomo Kagaku. – 2013. – P. 1–12.
5. Yoon Y.O. Effect of distribution coefficient in copper purification by zone refining. Designing, Processing and Properties of Advanced Engineering Materials. – 2004. – P. 173–176.
6. Lalev G. M., Lim J.-W., Munirathnam N. R., Choi G.-S., Uchikoshi M., Mimura K., and Isshiki M. Impurity Behavior in Cu Refined by Ar Plasma-Arc Zone Melting // Met. Mater. Int., 2009. – Vol. 15, № 5. – P. 753–757.
7. Zhu Y., Mimura K., Ishikawa Y. and Isshiki M. Effect of Floating Zone Refining under Reduced Hydrogen Pressure on Copper Purification // Materials Transactions, 2002. – Vol. 43, № 11. – P. 2802–2807.
8. Lim J.-W., Kim M.S., Munirathnam N. R., Le M.T., Uchikoshi M., Mimura K., Isshiki M., Kwon H.C. and Choi I. G.S. Effect of Ar/Ar-H₂ Plasma Arc Melting on Cu Purification // Materials Transactions, 2008. – Vol. 49, № 8. – P. 1826–1829.

УДК 501:548.1

ОПИСАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ СТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ И НАНОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ И ВАРИАНТОВ ХАРАКТЕРА ИХ САЙТ- И САЙЗ-РАСПРЕДЕЛЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ИЛИ ПОКРЫТИЯ ПРИ ТРЕНИИ И ИЗНОСЕ

Иванов В.В.*АО «ОКТБ «ОРИОН», Новочеркасск, e-mail: valivanov11@mail.ru*

Предложены варианты описания возможных структурных состояний кристаллических и наноразмерных объектов и характера их сайт- и сайз-распределений на поверхности композиционного материала или покрытия при трении и износе. Рассмотрены основные компоненты описания состояний объектов и вероятные характеры их упорядоченности. Проанализированы взаимосвязи вероятных характеров упорядоченности/разупорядоченности кристаллических, наноразмерных объектов и фрактальных структур. Фрактальные структуры могут рассматриваться как возможные аппроксиманты конфигураций межфазных границ, сайт- и сайз-распределений объектов на поверхности и в объеме антифрикционных композиционных материалов. В связи с этим структурные состояния включают кристаллические, наноразмерные объекты и фрактальные законы их распределения. Многообразие различных вариантов структурных состояний определяется комбинаторным методом.

Ключевые слова: структурное состояние, композиционный материал, кристаллический объект, наноразмерный объект, фрактальная структура, фрактальный закон распределения

DESCRIPTION OF THE POSSIBLE STRUCTURAL STATES OF THE CRYSTAL AND NANO-DIMENSION OBJECTS AND VARIANTS OF ITS SITE- AND SIZE-DISTRIBUTIONS ONTO SURFACE AND INTO VOLUME OF THE COMPOSITIONAL MATERIALS OR COATINGS BY FRICTION AND WEAR

Ivanov V.V.*J-SC SDTU «ORION», Novocherkassk, e-mail: valivanov11@mail.ru*

The description of the possible structural states of the crystal and nano-dimension objects and variants of its site – and size-distributions onto surface and into volume of the compositional materials or coatings by friction and wear were offered. The main components of description of the objects and the possible characters of its distributions were considered. The possible correlations of these ordering/disordering characters of the crystal, nano-dimension objects and fractal structures were analyzed. Fractal structures as a possible approximants of the inter-phase borders configurations, site – and size-distributions of the crystal phases and nano-dimension particles onto surface and into volume of anti-friction compositional materials are considered. Therefore the structural states are included the crystal and nano-dimensional objects and fractal laws of its distributions. The multitude of different variants of these structural states may be determined by combinatorial method.

Keywords: structural state, compositional material, crystal object, nano-dimensional object, fractal structure, fractal laws of distribution

Комплексное структурное состояние поверхности композита при трении и износе полностью определяется фазово-разупорядоченным состоянием многофазного материала, включающим фазовую и структурно-фазовую разупорядоченности, а также структурную разупорядоченность в отдельных фазах [1–3].

Состояние фазовой разупорядоченности характеризуется самопроизвольным распределением при определенных термодинамических условиях элементов химической системы по двум и более фазам разного состава и структуры [2, 4–11]. Распределение каждой из фаз в материале (сайт-распределение) может быть любое: от упорядоченного до полностью разупорядоченного, а распределение микрочастиц фаз по размерам (сайз-распределения) – может иметь квазинепрерывный или дискретный

характер. При этом в объеме материала образуется 3D-сетка межфазных границ, конфигурация которой может быть аппроксимирована системой упорядоченных предфрактальных замкнутых поверхностей. Соответственно, системы квазипорядоченных замкнутых фрактальных кривых являются аппроксимантами для 2D-сетки межфазных границ. Следовательно, состояние фазовой разупорядоченности предопределяет квазифрактальный характер конфигураций межфазных границ, а также сайт- и сайз-распределений каждой из фаз на поверхности и в объеме материала [2, 3, 7–11].

Состояние структурно-фазовой разупорядоченности возникает и при достаточно интенсивных внешних воздействиях на композиционный материал. В частности, при трении и износе некоторые фазы в его поверхностных слоях могут

перейти в ультрадисперсное состояние и/или в состояние с другой структурной модификацией за счет обратимых фазовых переходов второго рода [2, 3, 12–15]. В первом случае наноразмерные частицы некоторых фаз (2D-наноструктуры N_m^2 и 1D-наноструктуры N_m^1) в продуктах износа могут принять участие в процессе трения и существенно повлиять на его характеристики (m означает число кристаллографических направлений, в которых упорядочены сферически симметричные элементы структур) [3, 5–9, 12–15]. Если структурные элементы наноразмерных частиц не обладают сферической симметрией, то образуются модулярные наноструктуры вида $N_{p,or}^2$. Во втором случае – образующиеся за счет обратимых переходов фазы существенно изменяют конфигурацию межфазных границ, что усиливает общее состояние фазовой разупорядоченности на поверхности композиционного материала [3, 15].

Состояние структурной разупорядоченности предполагает наличие в многоподрешеточных структурах определенных фаз разупорядоченности атомов по одной или нескольким подрешеткам данной структуры [2]. Наличие или отсутствие структурных каналов и распределенных в них мобильных ионов отличает динамическую структурную разупорядоченность в структурах деления от статической структурной разупорядоченности в структурах твердых растворов замещения или внедрения [16–24].

Если по крайней мере в одном кристаллографическом направлении в атомной трехмерной m -упорядоченной структуре R_m^3 наблюдается разупорядоченное расположение определенных структурных элементов, то имеем структуры $R_{2,2}^3$, $R_{1,1}^3$ и полностью разупорядоченную аморфную структуру R_0^3 . Для модулярных структур различают позиционную (p) и ориентационную (or) упорядоченности. Поэтому модулярные структуры вида $R_{p,or}^3$ могут быть частично разупорядоченными модулярными структурами $R_{3,2}^3$, $R_{3,1}^3$, $R_{3,0}^3$, $R_{2,2}^3$, $R_{2,1}^3$, $R_{2,0}^3$, $R_{1,3}^3$, $R_{1,2}^3$, $R_{1,1}^3$, $R_{1,0}^3$, $R_{0,3}^3$, $R_{0,2}^3$, $R_{0,1}^3$ или полностью разупорядоченной структурой $R_{0,0}^3$. Частично разупорядоченные модулярные наноструктуры $R_{p,or}^2$ с кристаллическим законом упорядочения модулей являются частным случаем соответствующих модулярных наноструктур вида $N_{p,or}^2$, в которых формально возможен и фрактальный закон упорядочения [25].

Концепция комплексных структурных состояний

На основании описанных выше возможных разновидностей фаз и вероятных

законов их распределения можно предположить, что фазово-разупорядоченному состоянию формально может соответствовать определенное комплексное структурное состояние. Оно должно включать в себя кроме очевидной кристаллической g компоненты также наноразмерную n и фрактальную f компоненты. В 1D-пространстве множество вероятных структурных состояний детерминистических модулярных структур композитов состоит из трех основных состояний (кристалл с атомной структурой $g \equiv g$, нанообъект $n \equiv n$, локальный фрактал $f \equiv f$) и трех пар сопряженных между собой состояний:

- кристалл из нанообъектов g_n и нанообъект с кристаллической структурой n_g ,
- кристалл из локальных фракталов g_f и фрактал с кристаллической структурой f_g ,
- нанообъект с фрактальной структурой n_f и фрактал из нанообъектов f_n .

Возможные пространственные компоненты структурных состояний на поверхности и в объеме композитов проанализированы в [26–36]. Установлено существование 10 разных классов структурных состояний: кристаллический gg , кристаллический наноразмерный gn , наноразмерный кристаллический np , наноразмерный nn , кристаллический фрактальный gf , кристаллический фрактальный гибридный gff , фрактальный гибридный fff , наноразмерный фрактальный nf , наноразмерный гибридный nff и кристаллический наноразмерный фрактальный gnf . Эти классы состояний содержат всего 165 вариантов реализации комбинаторно различных состояний в 3D-пространстве.

Сформулированы принципы формирования возможных структурных состояний из фрактальных компонент с учетом полугрупповых свойств множества соответствующих 1D-генераторов [37] и из наноразмерных компонент с учетом свойств множества соответствующих нанообъектов [38]. В работах [39, 40] проанализированы размерные характеристики возможных состояний многокомпонентных структур, включающих фрактальную и наноразмерную компоненты, и их влияние на свойства системы. Значения размерностей каждой фрактальной структуры могут быть использованы при определении квазиупорядоченных сайт-распределений определенных фаз по поверхности композиционных покрытий, сайз-распределений поверхностных фаз и характеристик конфигураций межфазных границ и расчета трибологических свойств поверхности покрытий в соответствии с синергической моделью [3, 15, 41–55].

Концепция структурных состояний кристаллических и наноразмерных объектов

Предположим, что любая из трех компонент ($г$, $п$ и $ф$) может быть включена в описание состояний реально существующих объектов (кристаллических фаз, нанообъектов), а также законов их сайт- и сайз-распределений на поверхности и в объеме композиционного материала или покрытия.

Для поверхности могут быть использованы основные 2D-состояния: $гг$ – для кристаллических фаз, $пп$ – для наноразмерных структур и $фф$ – для законов распределения их межфазных границ. Тогда формальное описание конкретного структурного состояния поверхности будет выглядеть следующим образом: (**гг, пп, фф**). Возможные варианты их реализации:

– для кристаллических фаз – $гг$, $гг_n$, $гг_{пn}$, $гг_p$, $гг_{пp}$, $гг_{фp}$, $гг_o$, $гг_{пo}$, $гг_{фo}$, $гг_{оo}$;

– для наноструктур – $пп$, $пп_n$, $пп_{пn}$, $пп_p$, $пп_{пp}$, $пп_{фp}$, $пп_o$, $пп_{пo}$, $пп_{фo}$, $пп_{оo}$;

– для конфигурации межфазных границ – $фф$, $фф_n$, $фф_{пn}$, $фф_p$, $фф_{пp}$, $фф_{фp}$, $фф_o$, $фф_{пo}$, $фф_{фo}$, $фф_{оo}$;

где индексы $г$, $п$, $ф$ и $о$ характеризуют кристаллический (периодический), наноразмерный, фрактальный и случайный (хаотический, только для фаз) законы распределения, соответственно. Всего $10 \times 10 \times 6 = 600$ комбинаторно различных вариантов описаний структурных состояний поверхности.

Для объема можно использовать 3D-состояния: $ггг$ – для кристаллических фаз, $ппп$ – для наноразмерных структур и $ффф$ – для законов распределения их межфазных границ. Формальное описание конкретного структурного состояния объема материала будет выглядеть следующим образом: (**ггг, ппп, ффф**). Возможные варианты их реализации для кристаллов, наноструктур и конфигураций межфазных границ определяются аналогично вариантам реализации на поверхности. Всего с учетом случайного варианта распределения фаз в одном, двух или трех независимых направлениях можно представить $20 \times 20 \times 10 = 4000$ комбинаторно различных вариантов описаний структурных состояний в объеме композиционного материала.

Отметим, что для квазифрактальных конфигураций межфазных границ вариант случайной их реализации не учитывается, т.к. их аппроксимантами являются детерминистические фрактальные $R^3_{фф}$ – структуры, существующие в детерминированном предвсказуемо структурированном 3D-пространстве, а также $R^2_{фф}$ – структуры – в любом его 2D-подпространстве.

Выводы

Предложены варианты описания возможных структурных состояний кристаллических и наноразмерных объектов, а также характера их сайт- и сайз-распределений на поверхности композиционного материала или покрытия при трении и износе. Рассмотрены основные компоненты описания состояний объектов и вероятные характеры их упорядоченности. Проанализированы взаимосвязи вероятных характеров упорядоченности или разупорядоченности кристаллических, наноразмерных объектов и фрактальных структур. Фрактальные структуры можно рассматривать как аппроксиманты конфигураций межфазных границ, сайт- и сайз-распределений объектов на поверхности и в объеме антифрикционных композиционных материалов и покрытий. В связи с этим структурные состояния описывают кристаллические, наноразмерные объекты и фрактальные законы их распределения.

Список литературы

1. Беспалова Ж.И., Иванов В.В., Смирницкая И.В. и др. // Журн. прикладной химии, 2010. – Т. 83. – Вып. 5. – С. 779–782.
2. Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 10. – С. 158–160.
3. Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 10. – С. 161–163.
4. Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. – № 9. – С. 86–88.
5. Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В., Шишка В.Г. // Успехи соврем. естествознания, 2015. – № 1. – С. 13–15.
6. Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В., Шишка В.Г. // Успехи соврем. естествознания, 2015. – № 1. – С. 16–18.
7. Иванов В.В. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – Спецвыпуск. Проблемы трибозлектрохимии. – 2005. – С. 128–130.
8. Иванов В.В. Комбинаторное моделирование вероятных структур неорганических веществ. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 204 с.
9. Иванов В.В., Щербаков И.Н. Моделирование композиционных никель-фосфорных покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2008. – 112 с.
10. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 8–1. – С. 67–70.
11. Иванов В.В., Марченко С.И. // Научная мысль Кавказа. – Спецвыпуск, 2006. – С. 87–89.
12. Иванов В.В., Щербаков И.Н., Иванов А.В., Марченко С.И. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2008. – № 5. – С. 67–69.
13. Иванов В.В., Арзуманова А.В., Балакай И.В., Балакай В.И. // Журн. прикладной химии, 2009. – Т. 82. – Вып. 5. – С. 797–802.
14. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2010. – № 3. – С. 73–77.
15. Иванов В.В., Щербаков И.Н., Иванов А.В. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2010. – № 1. – С. 84–87.
16. Иванов В.В., Попов С.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2014. № 1(20). – Часть 1. – С. 8–10.

17. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 5. – С. 146–149.
18. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 8–1. – С. 70–71.
19. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 8–1. – С. 72–73.
20. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 8–1. – С. 73–74.
21. Иванов В.В., Коломеец А.М. // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. – 1987. – Т. 23, № 3. – С. 501–505.
22. Иванов В.В. // Неорган. материалы. – 1992. Т. 28, – № 1. – С. 220–221.
23. Иванов В.В. // Неорган. Материалы. – 1992. Т. 28, – № 1. – С. 344–349.
24. Иванов В.В. // Неорган. материалы. – 1992. Т. 28, – № 3. – С. 665–667.
25. Иванов В.В. // Соврем. наукоемкие технологии. – 2013. – № 4. – С. 75–77.
26. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания. – 2014. – № 7. – С. 93–95.
27. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International
28. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 4. – С. 105–108.
29. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 126–128.
30. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 9. – С. 92–97.
31. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12. – С. 79–84.
32. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12. – С. 90–93.
33. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12. – С. 84–90.
34. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12(2). – С. 90–93.
35. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12(2). – С. 94–97.
36. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 100–104.
37. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 96–99.
38. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 121–123.
39. Иванов В.В. // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2013. – № 10(3). – С. 493.
40. Иванов В.В. // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2013. – № 10(3). – С. 493–494.
41. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7–1. – С. 35–37.
42. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7–1. – С. 28–30.
43. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7–1. – С. 31–33.
44. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7–1. – С. 30–31.
45. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 7–1. – С. 33–35.
46. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал = Research Journal of International Studies, 2013. – № 8–1. – С. 25–27.
47. Иванов В.В. // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2013. № 10(3). – С. 493.
48. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 4. – С. 105–108.
49. Кукоз Ф.И., Иванов В.В., Балакай В.И., Христофори М.П. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2008. – № 4. – С. 123–128.
50. Беспалова Ж.И., Иванов В.В., Смирницкая И.В. и др. // Журн. прикладной химии, 2010. – Т. 83. – Вып. 2. – С. 244–248.
51. Щербаков И.Н., Иванов В.В., Логинов В.Т. и др. Химическое наноконструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2011. – 132 с.
52. Ivanov V.V. // International journal of experimental education, 2014. – № 4. – Part 2. – P. 58–59.
53. Ivanov V.V. // International journal of experimental education, 2014. – № 4. – Part 2. – P. 59–60.

УДК 379.85

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТУРИЗМ

Имангожина О.З., Жансагимова А.Е.*Университет «Астана», Астана, e-mail: imangojina@mail.ru*

В статье представлены достоинства и недостатки применения различных систем информационных технологий. Так, с помощью комплексной системы автоматизации можно корректировать стратегию продаж, что поможет туроператору оптимально заполнить (загрузить) чартеры и отели. То есть предоставит благоприятно туристской отрасли эффективную деятельность на международном рынке.

Ключевые слова: информатизация, интернет, сервер, браузер, скорость работы, подключение, туризм

PROSPECTS OF INTRODUCTION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN TOURISM

Imangozhina O.Z., Zhansagimova A.E.*University «Astana», Astana, e-mail: imangojina@mail.ru*

The article presents the advantages and disadvantages of the various systems of information technology. So, with the help of integrated automation system can adjust the sales strategy that will help optimally fill the tour operator (download) charters and hotels. That is, the company will provide efficient operation of the tourism industry in the international market.

Keywords: computerization, internet, server, browser, speed, connection, tourism

Туристский бизнес по сути своей связан с обработкой больших информационных потоков. Год от года объемы информации, циркулирующие в туристских системах, возрастают, о чем свидетельствуют следующие данные.

В странах Западной Европы и США туристские услуги занимают первое место по объему продаж в Интернете. В 2005 г. около 28 млн американских семей (45 % общенационального числа путешественников) бронируют туры в Интернете (туристский сервер «100 дорог»). Это на 12 % больше, чем в 2003 г.

В 2003 г., когда на туры, заказанные в Интернете, приходилось около 30 % бюджета американских семей, выделенного на путешествия, доходы онлайн-туристских компаний составили свыше 22 млрд долл. [1].

В 2013 г. показатель заказов туров через Интернет вырос до 49 % семейного бюджета, выделенного на туризм, доходы онлайн-компаний возрастут до 49 миллиардов долларов.

То есть онлайн-туризм становится одним из самых эффективных туристских рынков, где 64 % сделок совершается через Интернет, в то время как в остальных отраслях этот показатель составляет от 30 до 40 %. В Казахстане Интернет также перестал быть «дикиной вещью в себе». Для того чтобы легко ориентироваться в многообразии возможных ситуаций на туристском рынке, туроператоры и турагенты активно внедряют в своих фирмах новейшие

компьютерные технологии, разрабатываемые компаниями, специализирующимися на туристской логистике, маркетинге и рекламе. Сейчас по сведениям крупнейшей базы данных туристского сервера «100 дорог» сайты в Казахстане имеют уже более тысячи туристских компаний.

Для того чтобы туроператору довести до большой агентской сети информацию о наличии мест на рейсах и в отелях, запросах на туры, политической, эпидемиологической, климатической и иной обстановки в предполагаемых местах посещения туристами, об изменениях цен на туры, возможностях страхования различными страховыми компаниями и многое другое, сегодня возможно, только имея свой сервер или сайт в Интернете. Сегодня без Интернета невозможно представить деятельность современной туристской организации.

Отметим основные группы туроператорских сайтов:

- 1) визитная карточка;
- 2) Web-витрина;
- 3) система туроператор-турагент.

Визитная карточка – самый простой способ представления турфирмы. Обычно такой сайт имеет страницы: «О фирме», «Как нас найти», «Основные направления деятельности». Достоинства сайта: низкая цена, отсутствие необходимости постоянного обновления.

Web-витрина представляет собой набор Web-страниц с описаниями стран, курортов, отелей и т.п., которые предлагает данный туроператор. Для турагентств пред-

усмотрена возможность отправки заявок на электронную почту. Сайт регулярно обновляется. Это реальный инструмент для ведения бизнеса.

Достоинства: относительно невысокая стоимость, не требуется специальных знаний по интернет-программированию, такой сайт можно размещать практически у любого провайдера.

Недостаток: необходимость содержать сотрудника, ответственного за сайт – большие витрины довольно трудно администрировать и обновлять на них информацию.

Система туроператор-турагент – большая редкость в казахстанском Интернете. Турагент из базы данных туров, размещенной в Интернете, выбирает одно из предложений, заносит свои реквизиты, данные на туристов, которые попадают во внутреннюю базу туроператора. Система автоматически в реальном режиме времени пересчитывает изменения в ценах на турпакеты, указывает варианты размещения и выполняет другие сервисные услуги: прохождение заказов, загрузку отелей, расписание рейсов самолетов, теплоходов, автобусов и т.п.

Преимущества: практически полная автоматизация всех бизнес-процессов, минимизация влияния негативных последствий человеческого фактора (забыл заявку подтвердить, отправить факс и т.п.), оперативная доставка оперативной информации агентствам (цены на туры, загрузка отелей, экскурсии и т.п.).

Недостатки: высокая начальная стоимость разработки, отсутствие устоявшихся бизнес-процессов, постоянное подключение компьютеров к Интернету, периодическое обновление баз данных и др.

Иерархия сайтов турагентов похожа на сайты туроператора:

- 1) сайт – визитная карточка;
- 2) Web-витрина;
- 3) туристский электронный магазин.

Первые две категории аналогичны сайтам туроператоров. Единственное отличие – направленность на различные аудитории. Турагентские сайты больше направлены на конечного потребителя.

Туристский электронный магазин – вид сайтов только начинающих внедряться на туристский рынок. Главная особенность такого сайта – детализированное описание каждого объекта продажи туристских услуг (продажа проездных билетов, питание, проживание, страхование и т.п.). Современное состояние интернет-платежей позволяет совершать покупки туристских услуг через Интернет, не выходя из дома или офиса. Оплату можно производить кредитной кар-

той или со своего «интернет-кошелька» в системе Web-money или Yandex.

Курьер в назначенное время привезет необходимые документы. Единственное препятствие, ограничивающее распространение интернет-магазинов, – это абсолютно офф-лайн система получения.

Основные преимущества электронного магазина – это удобство для клиента и благоприятное воздействие на потенциального туриста. Большинство клиентов к моменту прихода в офис турфирмы уже определились с выбором тура и к его приходу могут быть выписаны необходимые документы, что значительно снижает время ожидания клиента и нагрузку на менеджеров в офисе.

Недостатки:

- 1) необходимость ведения базы данных по турам;
- 2) наличие в штате турфирмы специального администратора электронного магазина;
- 3) использование сложного программного обеспечения;
- 4) высокая стоимость создания сайта.

На сегодняшний день наиболее популярным направлением онлайн-туристского бизнеса является реклама туристских услуг. Уже сейчас имеется возможность практически досконально исследовать привычки, любимые сайты, графики их посещения конкретным пользователем Сети. Маркетологам остается только внедрять нужную информацию в сайты туристских компаний для принятия конкретного решения потенциальным туристом о приобретении того или иного тура.

Согласно проводимым исследованиям фирмы «Arimsoft» в ближайшей перспективе основным направлением онлайн-турбизнеса будет продажа/бронирование билетов, а также продажа отдельных сегментов тура корпоративному клиенту для организации деловой или туристской поездки.

Если рассматривать тенденцию в секторе B2B, то здесь можно прогнозировать дальнейшее развитие систем бронирования туроператор – турагент. При этом намечаются две противоположные тенденции использования таких систем.

В первом случае при разработке собственной системы B2B туроператор использует ее не только в качестве технологического средства совершенствования бизнес-процессов, но и в качестве мощного маркетингового инструмента формирования агентской сети.

При таком подходе турагентство будет привязываться к тому или иному туроператору при помощи совместного использования соответствующего программного обе-

спечения и переход к другому оператору будет сопровождаться необходимой перестройкой работы внутри самого агентства.

Вторая тенденция – стандартизация и унификация B2B-процессов. Наиболее технологичные туроператоры и производители специализированного программного обеспечения для туристских фирм в мае 2001 г. договорились о начале работы над созданием Единого стандарта обмена информацией между туристскими организациями в формате XML (рабочее название TravelXML).

Внедрение этого стандарта позволит значительно облегчить обмен информацией (прайс-листы, заявки/подтверждения, программы туров и др.) между туроператорами и турагентами. Например, туроператор посылает турагенту прайс-лист в формате TravelXML, полученная информация автоматически попадает в программу турагента. При продаже турпакета заявка в формате TravelXML отправляется туроператору и также без ручной обработки попадает в программу туроператора. Благодаря стандарту Travel XML туроператоры и турагенты могут использовать программное обеспечение различных разработчиков, и оно будет совместимо между собой.

Стандарт является открытым, и им могут пользоваться разработчики как из отделов информационных технологий туроператоров, так и независимые компании, разрабатывающие различные приложения для тур-бизнеса.

Более подробное освещение хода работ по созданию и внедрению стандарта TravelXML будет освещаться в специально созданном сайте www.travel.kz.

Следует отметить, что в последнее время в научных и иных публикациях все более активно рассматриваются вопросы разработки и внедрения в жизнь и деятельность людей нейросетей.

Электрические нейросети [28] подобно биологическим обеспечивают сверхбыструю параллельную обработку данных. В их архитектуре, в отличие от традиционного компьютера, основанного на последовательной обработке сигналов, нет разделения на активный процессор и пассивную память. Именно параллельность обработки сигналов позволяет нейрокомпьютерам решать задачи, непосильные даже супермощным современным компьютерам. Разработка нейрокомпьютеров и нейросетей позволит решить такую важнейшую задачу, как распознавание образов, что явится, без всякого сомнения, новым витком в развитии научно-технического прогресса.

По заявлению топ-менеджеров «Intel» фирма серьезно готовится к новому технологическому витку в области создания биочипов, которые по своим возможностям будут значительно превосходить самые современные процессоры.

Внедрение в повседневную жизнь и быт компьютерных технологий, автоматической радио- и видеотелефонной связи с любым абонентом нашей планеты, дистанционного обучения, исполнения заказов на приобретение проездных билетов, бронирование мест в гостиницах, ресторанах, театрах и т.п., будет означать победу над временем и пространством, служить не только хозяйственно-экономическим задачам, но и духовному объединению людей на всей земле.

Под офисными программами на сегодняшний день понимаются как Excel-таблицы, приспособленные для ввода заявок и проставления отметки об оплате, так и сложные комплексные системы бронирования, позволяющие автоматизировать и оптимизировать бизнес-процессы авиа и турагентств.

В данной главе хотелось бы остановиться лишь на серьезных системах, разработанных группой программистов, не один год трудящихся на ниве автоматизации туристического бизнеса.

Только специализирующаяся на автоматизации турбизнеса фирма способна создать продукт, который удовлетворит даже самое взыскательное турагентство. Почему? Потому, что, только основываясь на опыте десятков турагентства, имеющих свой взгляд на бизнес, можно создать удовлетворительное программное обеспечение, не опускаясь до автоматизации хаоса отдельных турагентств.

Многие годы они отбирают самые рациональные моменты деятельности лидеров рынка и интегрируют их в свой продукт. На сегодняшний день профессиональные офисные программы претендуют на полную автоматизацию бизнес-процессов турфирм.

С помощью комплексной системы автоматизации можно корректировать стратегию продаж. Система поможет туроператору оптимально заполнить (загрузить) чартеры и отели. Как это бывает при автоматизации производства, в критических ситуациях загорится «красная лампочка». Не возникнет вопроса: «Кто продал этот отель?» или «Кто ввел такую цену трансфера?».

Система контролирует каждый шаг работающего в ней. Руководитель в любой момент может увидеть, кто чем занимается, сколько времени отнимает у того или иного

оператора оформление заявки. Без надобности не нужно давать устных заданий.

Если взаимоотношения с принимающей стороной стабильны и долгосрочны, можно получать цены принимающей стороны не в виде Excel – таблиц, а непосредственно в офисную систему и таким же образом отправлять заявки для подтверждения. Агентства могут бронировать туры, не забрасывая туроператора факсами и не утомляя звонками, а, ознакомившись с предложениями на веб-сайте, забронировать заявку через Интернет.

Список литературы

1. Информатика: Учебник. – 3-е перераб. изд./ Под ред. Проф. Н.В. Макаровой. – М.: Финансы и статистика, 2003.
2. Информационные системы и технологии в экономике, Учебник. – 2-изд. /Т.П. Барановская, В.И. Лойко, М.И. Семенов; под ред. В.И. Лойко. – М.: Финансы и статистика, 2003.
3. Ильина Е.Н. Деятельность туристских агентств: туристский рынок и предпринимательство: Учеб. пособие. – М.: Советский спорт, 2004.
4. Кабушкин Н.И. Менеджмент туризма: Учебник. – Минск: «Новое знание», 2004.
5. Петрова Ю. Информационные технологии «на вес». // Цифровой мир, № 8 (24) // Эксперт, 2009. – № 39.

УДК 004.052.2

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К СБОЯМ АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ AES НА ОСНОВЕ ИЗБЫТОЧНОЙ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КЛАССОВ ВЫЧЕТОВ

Калмыков И.А., Степанова Е.П., Калмыков М.И., Топоркова Е.В.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь,

e-mail: kia762@yandex.ru

С момента принятия и по настоящее время блочный шифр AES постоянно подвергается различным криптоатакам, в том числе атакам, использующим информацию, полученную по побочным каналам. Особое место среди последних занимают атаки на основе сбоев в работе шифратора. Такая атака позволяет злоумышленнику нарушить нормальную работу шифратора, вызвать ошибки в зашифрованном тексте, а затем на основе криптоанализа получить значение секретного ключа. Для противодействия атаке на основе сбоев предлагается использовать полиномиальную систему классов вычетов, которая позволяет обнаруживать и исправлять ошибки, вызванные сбоями в работе шифратора. В работе представлен алгоритм, применение которого позволяет осуществить коррекцию ошибки в процессе шифрования, возникшей из-за действий нарушителя.

Ключевые слова: алгоритм шифрования AES, атаки на основе сбоев, полиномиальная система классов вычетов, поле Галуа, алгоритмы обнаружения и коррекции ошибок, позиционные характеристики

IMPROVING ROBUST AES ENCRYPTION ALGORITHM BASED ON REDUNDANT POLYNOMIAL POLYNOMIAL RESIDUE NUMBER SYSTEM

Kalmykov I.A., Stepanova E.P., Kalmykov M.I., Toporkova E.V.

Federal state Autonomous educational institution higher professional education

«North-Caucasian federal university», Stavropol, e-mail: kia762@yandex.ru

Since the adoption and the present block cipher AES is constantly exposed to various cryptotoken, including attacks using information obtained through side-channels. A special place among the last attack is based on the malfunction of the encoder. This attack allows evil to Myslenice disrupt the normal operation of the encoder, cause errors in the encrypted text, and then on the basis of cryptanalysis to obtain the value of the secret key. To counter the attack on the basis of failures is proposed to use a polynomial system classes deductions, which can detect and correct errors caused by malfunction of the encoder. The paper presents the algorithm, which allows for the correction of an error in the encryption process, resulting from the actions of the offender.

Keywords: encryption algorithm AES, an attack on the basis of failure, polynomial system of residue classes, Galois field, algorithms, error detection and correction, positional characteristics

В современных инфокоммуникационных системах все большее применение находят параллельные вычислительные системы, расположенные на едином кристалле. Для обеспечения защиты информации от НСД в них, как правило, используют стандарт шифрования AES. Проведенный анализ работ [1–4] показал, что данный алгоритм шифрования подвергается различным криптоатакам, с целью его взлома и получения секретного ключа. Среди них особое место занимают криптоатаки, которые используют информацию, полученную по побочным каналам, в том числе на основе сбоев в работе шифратора. В результате проведения такой атаки злоумышленник, нарушая нормальную работу шифратора, вызывает ошибки в зашифрованном тексте, а затем на основе криптоанализа получает значение секретного ключа. Противостоять такому деструктивному воздействию можно за счет кодов, которые позволяют обнаружить и исправить ошибки, вызванные сбоем в работе шифратора. Поэтому разработка алгоритма поис-

ка и исправления ошибок с использованием полиномиальной системы классов вычетов (ПСКВ), которая полностью соответствует математической основе алгоритма шифрования AES, является актуальной задачей.

Современные системы на кристалле (СнК) объединяют на кристалле помимо нескольких процессорных ядер общего назначения еще и специализированные вычислительные модули. Так, в чипах Marvell Armada и TI OMAP [5] на одном чипе объединяются процессорные модули и криптографический ускорители. Так, для обеспечения конфиденциальности передаваемой информации в микропроцессорах Sitara Am38x, которые предназначены для использования в приборах и системах управления промышленной, введен криптопроцессор [6].

Одним из наиболее часто используемых алгоритмов криптозащиты является алгоритм шифрования AES. Это связано с тем, что данный алгоритм имеет лучшее сочетание криптографической стойкости, производительности, эффективности реализации

и гибкости. В качестве достоинств алгоритма шифрования AES можно выделить высокий уровень защищенности, реализацию в smart-картах благодаря низким требованиям к объемам памяти, высокую эффективность на любых платформах [7].

Широкое применение стандарта шифрования AES стимулировало большое число атак на данный алгоритм, которые делятся на следующие группы. Основу первой группы составляют «классические атаки» на алгоритм шифрования. В работе [1] показано проведение атаки методом бумеранга на 6-раундовую версию алгоритма со 128-битным ключом.

Вторая группа криптоатак базируется на модификации различных методов криптоанализа на связанных ключах. Так комбинация метода бумеранга и связанных ключей способствовала проведению атаки на 10 из 12 раундов алгоритма AES-192 [2].

Третья группа криптоатак на алгоритм шифрования AES связаны с попытки использования алгебраических свойств алгоритма для его вскрытия. Такие атаки относятся к «алгебраическим атакам» [3].

В четвертую группу можно отнести исследования, которые посвящены атакам, использующим информацию, полученную по побочным каналам (side-channel-атакам). Особое место среди криптоатак по побочным каналам занимает атака на основе сбоя [4]. Эта атака относится к активным атакам. Эти атаки возможны в условиях, когда на шифрующее устройство осуществляются различные воздействия с целью внести искажения в информацию на различных этапах шифрования. В качестве защиты от атаки используют добавление в шифрующий механизм датчиков воздействий, блокирующих шифратор при ненормальных параметрах системы, вычисление контрольной суммы, экранирование шифратора.

Однако данные способы не учитывают особенности алгоритма шифрования, что приводит к значительным затратам на решения, в том числе и для блочного шифра AES. Поэтому разработка алгоритма, позволяющего противодействовать такой атаке путем обнаружения и коррекции возникшей ошибки в процессе шифрования, является актуальной задачей. Для противодействия атакам на основе сбоя в алгоритме AES предлагается использовать полиномиальную систему классов вычетов.

Известно, что алгоритм шифрования AES использует математический аппарат поля Галуа $GF(2^8)$ с порождающим полиномом $m(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x + 1$. При этом алгоритм оперирует байтами, которые рассматриваются как элементы конечного

поля $GF(2^8)$. Если в качестве информационных оснований ПСКВ использовать неприводимые полиномы 4 степени, то есть $m_1(x) = x^4 + x + 1$ и $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$, то операции в поле $GF(2^8)$ можно заменить аналогичными операциями в полях меньшей размерности $GF(2^4)$. Следовательно, при реализации алгоритма шифрования AES можно эффективно использовать полиномиальную систему классов вычетов с двумя основаниями $m_1(x) = x^4 + x + 1$ и $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$.

Как показано в работах [8–10], ПСКВ позволяет организовать вычисления параллельно, помодульно и независимо друг от друга, так как операции сложения, вычитания и умножения сводятся к соответствующим операциям над остатками по модулям $p_i(z)$ над полем:

$$|A(x) \otimes B(x)|_{p_j(x)}^+ = |\alpha_i(x) \otimes b_i(x)|_{p_j(x)}^+, \quad (1)$$

где $\otimes$ – операции сложения, вычитания и умножения в $GF(p)$; $A(x) = (\alpha_1(x), \alpha_2(x), \dots, \alpha_k(x))$ и $B(x) = (b_1(x), b_2(x), \dots, b_k(x))$; $\alpha_i(x) \equiv A(x) \bmod m_i(x)$; $b_i(x) \equiv B(x) \bmod m_i(x)$; $i = 1, \dots, k$.

Известно, что операции, которые реализуются в блоке замены байтов – преобразователе SubBytes алгоритма AES, представляют собой совокупность операций умножения и сложения по модулю. Значит, данные операции можно эффективно реализовать в полиномиальной системе классов вычетов.

Кроме того, коды ПСКВ позволяют обнаруживать и корректировать ошибки, которые возникают в процессе работы вычислительного устройства из-за отказа и сбоя оборудования [9, 10]. Для решения данной задачи в набор информационных оснований ПСКВ вводятся дополнительные контрольные основания. При реализации алгоритма шифрования на основе ПСКВ предлагается использовать в качестве рабочих оснований следующие полиномы $m_1(x) = x^4 + x + 1$ и $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$. Использование данных полиномов позволяет обеспечить рабочий диапазон, степень которого будет равна восьми. В качестве контрольного основания выбираем полином $m_3(x) = x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$. Применение одного контрольного основания ПСКВ позволяет обнаруживать факт наличия ошибок, вызванных сбоями в работе устройства.

Повысить эффективность противодействия сбоям в работе алгоритма AES можно за счет алгоритма коррекции, который приведен в работе [9]. В работе [10] приведена схемная реализация этого алгоритма. Для реализации процесса обнаружения и исправления ошибок в модулярном коде полинома $A(z) = (\alpha_1(x), \alpha_2(x), \dots, \alpha_k(x))$ вводят избыточность. С этой целью выбирается

одно контрольное основание $m_{k+1}(x)$, удовлетворяющее условию

$$\deg m_{k+1}(x) \geq \deg m_k(x). \quad (2)$$

При этом использовании данного контрольного модуля можно однозначно исправить однократную ошибку. Под однократной ошибкой понимается искажение одного разряда в кодовой комбинации, представленной в ПСКВ. Для этого необходимо провести вычисления:

$$\alpha_{k+1}(x) = \sum_{i=1}^k \alpha_i(x), \quad (3)$$

$$\alpha_{k+2}(x) = \sum_{i=1}^k (i(x)\alpha_i(x)) \bmod m_{k+1}(x), \quad (4)$$

где $i(x)$ – полиномиальная форма i -го порядкового номера, Σ – сложение по модулю два.

Для обнаружения ошибки в переданной кодовой комбинации вычисляются значения

$$\alpha_{k+1}^*(x) = \sum_{i=1}^k \alpha_i(x), \quad (5)$$

$$\alpha_{k+2}^*(x) = \sum_{i=1}^k (i(x)\alpha_i(x)) \bmod m_{k+1}(x). \quad (6)$$

Значения $\alpha_{k+1}^*(x)$ и $\alpha_{k+2}^*(x)$ используются для вычисления синдрома ошибки:

$$\delta_1(x) = \alpha_{k+1}(x) + \alpha_{k+1}^*(x), \quad (7)$$

$$\delta_2(x) = \alpha_{k+2}(x) + \alpha_{k+2}^*(x), \quad (8)$$

Если синдром ошибки $\delta_1(x) = 0$ и $\delta_2(x) = 0$, то комбинация не содержит ошибки. В про-

тивном случае, когда $\delta_1(x) \neq 0$ и $\delta_2(x) \neq 0$, комбинация является запрещенной, т.е. ошибочной. По величине $\delta_1(x)$ и $\delta_2(x)$ можно провести коррекцию однократной ошибки.

Рассмотрим применение избыточной ПСКВ при реализации базовой процедуры замены блоков в алгоритме шифрования AES. Байт открытого текста S поступает на вход преобразователя из позиционного кода в код ПСКВ, с выхода которого снимаются значения двух остатков $s_1(x)$ и $s_2(x)$, где $s_1(x) \equiv S(x) \bmod m_1(x)$ и $s_2(x) \equiv S(x) \bmod m_2(x)$. Таким образом, текущий байт представляет $S(x)$ собой два четырехразрядных блока данных. В таком виде данные поступают на входы преобразователя SubBytes. При этом первый остаток $s_1(x)$ определяет номер столбца, а номер строки задается остатком по второму модулю $s_2(x)$. В этом случае таблица замен SubBytes, которая требовала блок памяти 256×8 бит, теперь представляется в виде двух таблиц размером 256×4 бит. Каждая из таблиц представляет собой остаток числа результата подстановки $S'(x)$, приведенной по модулям $m_1(x) = x^4 + x + 1$ и $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$ соответственно. В табл. 1 приведены первые три строки таблицы замен S_1 -блока по рабочему модулю $m_1(x) = x^4 + x + 1$.

В табл. 2 приведены первые три строки таблицы замен S_2 -блока по модулю $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$ соответственно.

Пусть байт открытого текста равен $S(x) = \{00011001\}_2 = \{19_{16}\}$. Данное значение поступает на вход преобразователя из позиционного кода в ПСКВ, с выхода которого будут сниматься два остатка:

$$s_1(x) = S(x) \bmod x^4 + x + 1 = \{19_{16}\} \bmod x^4 + x + 1 = x^4 + x^3 + 1 \bmod x^4 + x + 1 = x^3 + x = A$$

$$s_2(x) = S(x) \bmod x^4 + x^3 + 1 = \{19_{16}\} \bmod x^4 + x^3 + 1 = x^4 + x^3 + 1 \bmod x^4 + x^3 + 1 = 0.$$

Таблица 1

Таблица замен S_1 -блока по модулю $m_1(x) = x^4 + x + 1$

$s_2(x)$	Остаток $s_1(x)$ по модулю $m_1(x) = x^4 + x + 1$															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	9	9	2	F	D	B	B	5	B	F	0	1	4	3	F	9
1	D	5	9	0	9	3	4	A	4	F	6	0	4	8	9	1
2	A	2	E	5	A	4	6	C	2	4	D	6	6	D	F	8

Таблица 2

Таблица замен S_2 -блока по модулю $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$

$s_2(x)$	Остаток $s_1(x)$ по модулю $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	7	F	8	3	5	C	B	8	6	4	5	4	E	B	C	B
1	B	1	4	6	D	9	B	F	D	F	A	1	6	B	C	2
2	2	0	A	7	F	4	3	2	3	5	E	B	1	9	9	9

Таким образом, на входы каждой из таблиц замен S_1 -блока по модулю $m_1(x) = x^4 + x + 1$ и S_2 -блока по модулю $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$ поступают остатки $S(x) = (A, 0)$. Результат замены определяется из табл. 1 и 2. В табл. 1 на пересечении столбца A и строки 0 находится число 0. В табл. 2 на пересечении столбца A и строки 0 находится число 5. В результате воздействия на байт состояния $S(x) = \{00011001_2\} = \{19_{16}\} = (A, 0)$ был получен байт подстановки, который в ПСКВ по этим двум основаниям представляется в виде двух остатков $S'(x) = (0, 5)$. Полученный результат соответствует подстановке $S'(x) = \{d4_{16}\} = \{11010100_2\}$. Это подтверждается следующими сравнениями:

$$s'_1(x) = \{d4_{16}\} \bmod x^4 + x + 1 = x^7 + x^6 + x^4 + x^2 \bmod x^4 + x + 1 = 0;$$

$$s'_2(x) = \{d4_{16}\} \bmod x^4 + x^3 + 1 = x^7 + x^6 + x^4 + x^2 \bmod x^4 + x^3 + 1 = x^2 + 1 = 5.$$

Для реализации противодействия атакам, построенным на сбоях работы шифратора, используются дополнительно табл. 3 и 4. Табл. 3 содержит данные о сумме остатков информационных оснований ПСКВ $m_1(x) = x^4 + x + 1$ и $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$. Результат был получен на основе равенства (3).

В табл. 4 представлены данные о взвешенной сумме остатков рабочих оснований $m_1(x) = x^4 + x + 1$ и $m_2(x) = x^4 + x^3 + 1$. Результат был получен на основе равенства (4).

Таким образом, при подаче на вход табл. 3 и 4 значений остатков $S(x) = (A, 0)$ с выхода табл. 3 будет снято значение $\{5_{16}\} = \{0101_2\} = \{x^2 + 1\}$. Данное число на-

ходится на пересечении столбца A и строки 0 в табл. 3. С выхода табл. 4 будет снято значение $\{A_{16}\} = \{1010_2\} = \{x^3 + x\}$.

Пусть в процессе работы шифратора AES атак не проводилось. Тогда после выполнения операции подстановки проводится проверка на наличие ошибок в комбинации ПСКВ:

$$s_3^*(x) = \sum_{i=1}^2 s'_i(x) = 0 + x^2 + 1 = x^2 + 1 = \{5_{16}\}.$$

$$\begin{aligned} s_4^*(x) &= \sum_{i=1}^2 (i(x)s'_i(x)) \bmod m_3(x) = \\ &= (0 + x(x+1)) \bmod x^4 + x^3 + x^2 + x + 1 = x^3 + x = \{A_{16}\}. \end{aligned}$$

Затем, согласно (7) и (8), производится вычисление синдрома ошибки. Так как синдром равен нулю, то сбой в процессе работы шифратора не произошло. Полученные значения остатков $s'_1(x) = 0000_2$ и $s'_2(x) = 1010_2$ по рабочим основаниям ПСКВ дальше будут участвовать в последующих раундовых преобразованиях, побайтовом сдвиге строк Shift Rows, перемешивании столбцов MixColumns сложении с раундовым ключом AddRoundKey.

Пусть в процессе работы шифратора произошла атака на основе сбоев. Сбой вызвал изменение остатка по основанию $m_1(x) = x^4 + x + 1$, а его глубина равна $\Delta s_1(x) = 1$. Тогда

$$s_1^{\text{ош}}(x) = s'_1(x) + \Delta s_1(x) = 0 + 1 = 0001_2.$$

В результате на вход блока, реализующего алгоритм коррекции ошибок, подается

$$S'(x) = (s_1^{\text{ош}}(x), s'_2(x), s'_3(x), s'_4(x)) = (0001_2, 0101_2, 0101_2, 1010_2) = (1, x^2 + 1, x^2 + 1, x^3 + x).$$

Таблица 3

Остатки $\alpha_3(x)$ по модулю $m_3(x) = x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$

$s_2(x)$	Остаток $s_1(x)$ по модулю $m_1(x) = x^4 + x + 1$															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	E	6	A	C	8	7	0	D	D	B	5	5	A	8	3	2
1	6	4	D	6	4	A	F	5	9	0	C	1	2	3	5	3
2	8	2	4	2	5	0	5	E	1	1	3	D	7	4	6	1

Таблица 4

Остатки $\alpha_4(x)$ по модулю $m_3(x) = x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$

$s_2(x)$	Остаток $s_1(x)$ по модулю $m_1(x) = x^4 + x + 1$															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	7	E	B	9	7	A	4	C	7	7	A	9	1	C	E	6
1	2	7	1	C	A	8	B	D	7	8	B	2	8	7	8	5
2	E	2	3	B	D	C	0	8	4	E	8	9	4	6	4	3

Тогда вычисленные новые значения проверочных остатков, согласно (5) и (6), равны

$$s_3^*(x) = \sum_{i=1}^2 s_i'(x) = 1 + x^2 + 1 = x^2 = \{4_{16}\}.$$

$$s_4^*(x) = \sum_{i=1}^2 (i(x)s_i'(x)) \bmod m_3(x) = (1 + x(x+1)) \bmod x^4 + x^3 + x^2 + x + 1 = x^3 + x + 1 = \{B_{16}\}.$$

Затем производится вычисление синдрома ошибки

$$\delta_1(x) = s_3'(x) + s_3^*(x) = (x^2 + 1) + (x^2) = 1.$$

$$\delta_2(x) = s_4'(x) + s_4^*(x) = (x^3 + x) + (x^3 + x + 1) = 1.$$

Так как синдром ошибки не равен нулю, то это свидетельствует о том, что в ходе выполнения раундового преобразования произошел сбой. Тогда, зная местоположение ошибки и ее глубину, можно провести коррекцию

$$s_1'(x) = s_1^{\text{оп}}(x) + \Delta s(x) = 0001 + 0011 = 0000_2.$$

Таким образом, благодаря разработанному алгоритму коррекции ошибок с использованием ПСКВ можно устранять последствия сбоев в работе шифратора алгоритма AES.

Выводы

Для противодействия атакам на основе сбоев был разработан алгоритм коррекции ошибок с использованием кодов ПСКВ. При этом переход от работы в поле Галуа $GF(2^8)$ к полям Галуа $GF(2^4)$ позволяет корректировать ошибки при меньших схемных затратах. Использование алгоритма обеспечивает исправление всех однократных ошибок и до 80 процентов двукратных ошибок, возникающих из-за сбоев в работе шифратора. При этом требуется в 1,22 раза меньше схемных затрат по сравнению с классической системой маскирования отказов «2 из 3». Полученные результаты свидетельствуют об эффективности применения кодов ПСКВ для противодействия последствиям атак на основе сбоев.

Список литературы

1. Калмыков И.А., Калмыков М.И. Новая технология, повышающая корректирующие способности модулярных

кодов // Теория и техника радиосвязи. – Воронеж: ОАО «Концерн «Созвездие», 2014. – № 3. – С. 5–13.

2. Калмыков И.А., Щелкунова Ю.О., Барильская А.В. Устройство для коррекции ошибок в полиномиальной системе классов вычетов // Патент РФ № 2453902. Бюл. № 17 от 20.06.2012.

3. Компьютеры – Атака по сторонним каналам – Типы side-channel атак. URL: http://chinapads.ru/c/s/ataka_po_storonnim_kanalam_-_tipyi_side-channel_atak. (дата обращения: 15.06.2015).

4. Самарин А.А. Sitara AM335x – новая линейка микропроцессоров для промышленных применений с ядром Cortex-A8 // Компоненты и технологии. – 2012. – № 3. – С. 57–64.

5. Стандарт криптографической защиты – AES. Конечные поля /Зензин О.С., Иванов М.А. Под ред. М.А. Иванова. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2002. – 176 с.

6. Biham E., Dunkelman O., Keller N. Related-Key Boomerang and Rectangle Attacks. 2005. URL: <http://vipe.technion.ac.il> – (дата обращения: 15.06.2015).

7. Cwennap L. Marvel lands a quad – Microprocessor Report, 2010, December.

8. Ferguson N., Schroepel R., Whiting D. A simple algebraic representation of Rijndael/ Draft 2001/05/16. URL: <http://citeseer.ist.psu.edu>. (дата обращения: 15.06.2015).

9. Kalmykov I.A., Katkov K.A., Naumenko D.O., Sarkisov A.B., Makarova A.V. Parallel modular technologies in digital signal processing // Life Science Journal, 2014. – № 11(11s). – P. 435–438.

10. Park J.H., Moon S. J., Choi D.H., Kang Y.S., Ha J.C. Differential fault analysis for round-reduced AES by fault injection // ETRI Journal. – 2011. – vol. 33, № 3. – P. 434–442.

УДК 622.32+539.1

УСТАНОВКА ПО СНИЖЕНИЮ КОНЦЕНТРАЦИИ ПАРАФИНА В НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТАХ, УПРАВЛЯЕМАЯ ОТ ЯМР-АНАЛИЗАТОРА

Кашаев Р.С., Козелков О.В., Хазиахметова Л.Р.

*ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет», Казань,
e-mail: kashaev2007@yandex.ru*

Проведен анализ существующих методов снижения концентрации парафина и температур застывания в нефтях и нефтепродуктах. Сделан вывод о преимуществах метода ядерной магнитной резонансной (ЯМР) релаксации при управлении процессом депарафинизации. Описана аппаратура и блок-схема установки снижения концентрации парафина в углеводородных смесях и стадии технологии с контролем экспресс-методом ЯМР.

Ключевые слова: парафин, нефти, нефтепродукты, депарафинизация, установка, экспресс-метод, ЯМР

INSTALLATION TO REDUCE THE CONCENTRATION OF PARAFFIN IN CRUDE OIL AND PETROLEUM PRODUCTS, DRIVEN FROM THE NMR ANALYZER

Kashaev R.S., Kozelkov O.V., Haziahmetova L.R.

FGBOU VPO «Kazan state power engineering University», Kazan, e-mail: kashaev2007@yandex.ru

Made an analysis of contemporary methods for reduce of paraffin concentration and temperatures of hardening in oils and oil products. Conclusion are made that method of nuclear magnetic resonance (NMR) relaxation have an advantage at paraffin concentration reduce process over others. Described apparatus and block-scheme of installation for paraffin reduce in hydrocarbon mixtures and stages of technology with express-method control.

Keywords: paraffin, oils, oil products, deparafinization, installation, express-method, NMR

В последнее десятилетие возросли требования к качеству депарафинизации (ДП) нефти и нефтепродуктов, в частности, дизельного топлива (ДТ). Кроме того, актуальна ДП самого сырья (нефти) непосредственно в районах ее добычи, поскольку парафинистые нефти ($P > 6,0\%$ мас.) имеют высокие температуры застывания T_z и вязкость, что требует больших расходов энергии при их переработке и транспортировке, предупреждению накопления асфальто-смолисто-парафиновых отложений (АСПО). Серьезные проблемы возникают в зимнее время с нефтями, поставляемыми на экспорт по ГОСТ 51858, требующими подогрева для транспортировки нефти.

Существующие технологические процессы депарафинизации

Существуют несколько технологий депарафинизации сырья и нефтепродуктов:

- сольвентная, когда ДТ смешивается с растворителем, после чего смесь охлаждается до определенной T_z , требуемой для депарафинированного ДТ, парафины, выпадающие в осадок отфильтровываются, и от целевого продукта отгоняется растворитель;

- карбамидная ДП, основанная на комплексообразовании карбамида K с P и отличающаяся от сольвентной возможностью проведения процесса при положительных температурах. По одному варианту используется насыщенный раствор K в смеси с водой и изопропанолом. Для поддержания

постоянной концентрации K процесс ведут в переменном температурном режиме;

- карбамидно-кристаллическая ДП, обладающая повышенной активностью по сравнению с раствором K . В процессе сырье или его бензиновый раствор контактирует с кристаллическим K в присутствии активатора (метанола) с образованием комплекса. Далее его промывают и делят на твердую и жидкие фазы в центрифугах, отмывают водой;

- карбамидно-сольвентная ДП фирмы Edeleanu Gesellschaft (Германия), позволяющая депарафинировать углеводороды $C_{10}-C_{40}$, при которой используют насыщенный раствор K при 70°C , второй агент дихлорметиллен CH_2Cl_2 , выполняющий роль активатора и растворителя и служащий регулятором теплосъема в стадии комплексообразования. За счет его испарения в зоне реакции поддерживается температура $T = 30-45^\circ\text{C}$;

- каталитическая, при которой молекулы P сначала расщепляются, а далее изомеризуются на катализаторах при повышенном давлении и избыточном содержании водорода H .

Для ДП нефти в ИХН СО РАН разработана технология частичного удаления из нефти парафинов, асфальтенов (A) и смол (C) сжиженным природным газом, которая позволяет на 50% снизить концентрацию высокомолекулярных P и на 60% A и C .

В ОАО «ТатНИИнефтемаш» разработаны передвижные (на автотранспорте) агрегаты АДПМ для депарафинизации не-

фтяных скважин горячей нефтью производительностью 12–16 м³ при давлении 13–16 МПа, температурой нагрева 150 °С.

Последняя разработка по ДПДТ [1] включает смешение сырья с 0,05–0,25 % мас. поверхностно-активных веществ (ПАВ), в качестве активатора введение 0,05–0,15 % мас. высших жирных спиртов (ВЖС) фракции C₁₀–C₁₈, термообработку полученной смеси, охлаждение ее до температуры депарафинизации в постоянном электрическом поле. В результате выход депарафинированного ДТ вырастает с 72,2 % до 83,6 %. Эффект электродепарафинизации осаждением Π на электродах в электрических полях высокого напряжения можно объяснить 4,5–5,5-кратным эффектом двойного электрофореза путем индуцирования электрокинетических потенциалов на поверхности кристаллов Π .

Но для реализации всех этих описанных методов ДП требуется тщательный контроль T_{30} , концентраций Π , A и C , воды, вязкости η^{30} фаз и конечного продукта.

На настоящий момент в нефтедобыче и переработке имеется потребность в экспресс-анализаторе, способном контролировать концентрацию парафина и T_3 , не разделяя их на фазы и не используя движущихся деталей [2, 3].

Наши исследования [4, 5] показывают, что из всех известных методов ядерного магнитного резонанса (ЯМР) является, пожалуй, единственным, способным одновременно контролировать T_{30} , концентрацию Π , A и C , воды, вязкость η^{20} , плотность ρ^{20} , а также такие важные характеристики водо-органических смесей, как дисперсность (распределение размеров капель воды) фаз и конечного продукта, что актуально для совершенствования любых из перечисленных процессов депарафинизации.

Цель статьи – анализ состояния проблемы снижения концентрации Π в нефтях/нефтепродуктах и описание разработанных ЯМР-анализатора и установки с контролем и управлением от релаксометра ЯМР.

Аппаратура для экспресс-анализа параметров нефтей и нефтепродуктов

Для контроля в проточном (on-line) режиме нефтей и нефтепродуктов был разработан проточный ЯМР-анализатор [6, 7] и проведены его метрологические испытания, показавшие его соответствие техническим условиям ОАО «Татнефть». Предложен ряд методов экспресс-анализа параметров нефти, мазута и битумов [8–12]. запатентована [13] конструкция проточного ЯМР-анализатора с управлением от контроллера STK500 ATMEGA 8515L. В нем повышена представительность пробоотбо-

ра использованием принципа турбулизации потока на основе уравнения Бернулли:

$$P_i/\rho g + v_i^2/2g = \text{const}, \quad (1)$$

где P_i – давление в разных сечениях трубы S_i при скоростях потока v_i . Если расход $\dot{Q}$ постоянен, то в сечении S_i он равен $\dot{Q}_i = S_i v_i = \text{const}$.

Поток жидкости, попадая в расширение трубы, снижает скорость v и увеличивает давление P . В результате происходит интенсивное перемешивание смеси, которая через входной патрубок поступает со скоростью v_i , определяемой положением патрубка в датчик магнита ЯМР-анализатора и выходит через выходной патрубок в магистральную трубу. В результате, скорость потока будет определяться разницей максимального P_{max} и давлений P_i в сечении S_i . При расположении патрубка в сечении на уровне магистральной трубы эта разница минимальна независимо от скорости в трубе, и скорость движения потока через датчик ЯМР также будет минимальной, что необходимо для измерения ЯМР-параметров как бы «в остановленном потоке». Отпадает необходимость реальной остановки потока, что позволяет отказаться от взрывозащищенных вентилях, имеющих ограниченный ресурс работы. Далее измеряются времена спин-спиновой релаксации T_{2A} .

Установленная зависимость $T_{2A}(\Pi)$ (м/сек) от концентрации Π с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,985$ и погрешностью $< 2\%$ описывается уравнением

$$T_{2A} = 970,3 \exp(-0,0044\Pi). \quad (1)$$

Отсюда концентрация парафина $\Pi(\%)$ определяется из соотношения:

$$\Pi = 1563,6 - 227 \times \ln(T_{2A}). \quad (2)$$

Зависимости T_3 от Π для ДТ описываются с коэффициентами корреляции $R^2 = 0,889$ и $R^2 = 0,974$ и погрешностью $< 2,5\%$ уравнениями:

$$T_3 = -66,8 + 2,73\Pi \text{ для } \Pi < 7\%, \quad (3)$$

$$T_3 = -50,5 + 0,38\Pi \text{ для } \Pi > 7\%. \quad (4)$$

Установка по снижению концентрации парафина в нефтях и нефтепродуктах

Анализ методов депарафинизации позволяет выделить несколько стадий, общих для всех методов: входной/выходной контроль нефти/нефтепродукта на концентрацию Π , A и C , воды W , вязкости η^{20} и плотности ρ^{20} фаз и конечного продукта; контроль соотношения растворитель/сырье при смешивании, деление на твердую и жидкие фазы, промывка/отмывка водой. Все эти процессы могут контролироваться ЯМР-анализатором.

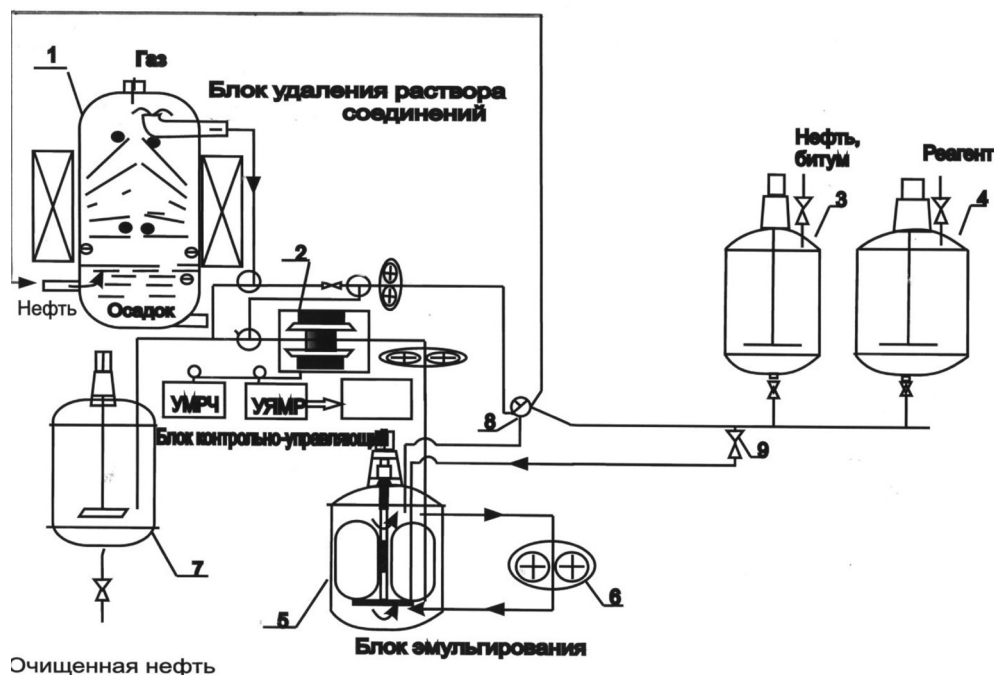


Рис. 1. Технологическая схема установки для удаления воды и парафина из нефти. Здесь 1 – блок удаления воды и разделения фаз во вращающихся магнитном и неоднородном электрическом полях, 2 – магнит с датчиком ЯМР-анализатора, 3 – емкость для нефти или нефтепродукта, 4 – реагент, 5 – блок перемешивания нефти с реагентом, 6 – шестеренный насос, 7 – емкость для очищенной нефти, 8 – трехходовой кран, 9 – автоматический кран. УМРЧ – усилитель мощности радиочастотных сигналов, УЯМР – усилитель ЯМР-сигналов

Технологические аспекты работы установки по снижению концентрации $П$ базируются на исследованиях [12–15], в которых данные отдельные стадии процесса реализованы методом ЯМР-релаксометрии (ЯМРР). Технологическая схема установки для удаления $П$ из нефти представлена на рис. 1.

Процесс снижения концентрации парафина включает стадии:

1. Входной контроль физико-химических свойств сырья (концентрации $П$, воды W и вязкости) экспресс-методом в ЯМР-анализаторе. Контроль W сырья заключается в:

1) в предварительном измерении эффективных времен спин-спиновой релаксации чистой воды $T_{2в}$ и чистой нефти/нефтепродукта $T_{2н}$ во временном интервале $t = 2N\tau$, где N – число импульсов в последовательности Карра-Парселла-Мейбум-Гилла, τ – интервал между импульсами;

2) измерении эффективного T_2^* времени релаксации в контролируемой нефти в том же интервале;

3) определении влажности нефти по формуле:

$$W = T_{2в} (T_2^* - T_{2н}) \times 100\% / T_2^* (T_{2в} - T_{2н}).$$

Погрешность при однократных (без накопления) проточных измерениях составляет $\pm 2,75\%$.

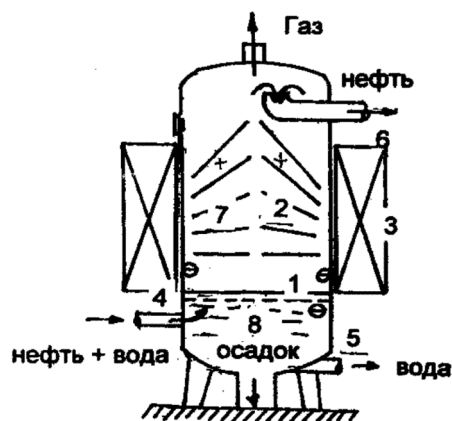


Рис. 2. Схема устройства для удаления воды/комплексов во ВМП и ВНЭП. Здесь 1 – поверхность воды, 2 – конические электроды, 3 – обмотки для создания ВМП, 4, 5 и 6 – патрубки ввода сырья, вывода отделенной воды/комплексов и обезвоженного углеводорода, 7 – зона действия ВМП и ВНЭП, 8 – отстаивающаяся вода/раствор комплекса

2. Снижение W в нефти/нефтепродукте в блоке 1 для удаления воды и разделения фаз во вращающихся магнитном (ВМП) и неоднородном электрическом (ВНЭП) полях по патенту [16]. Схема блока 1 для нефти приведена на рис. 2, его фото – на рис. 3.



Рис. 3. Фото устройства 1 с ВМП и ВНЭП

Во ВМП на капли воды, вытянувшиеся под действием электрического поля в диполи, действуют:

а) силы Лоренца $F_L = q \times E = q \times [\nu \times B]$, где E – напряженность электрического поля (2,5 кВ/см), ν – линейная скорость вращения магнитного поля, B – магнитная индукция поля;

б) силы градиента ВНЭП, стремящиеся сместить капли в зону максимальных E и высокой концентрации, где капли коалесцируют и оседают на дно. Данный блок 1 более эффективен с [1], поскольку поля рео-

риетируют диполи воды и комплексов и тем самым устраняют каналы пробоя и снижения напряженности E [15, 16].

3. Смешение и эмульгирование нефти/нефтепродукта с реагентами в течение периода времени, необходимого для снижения концентрации Π до необходимого уровня. Эмульгирование происходит также в пробоотборнике ЯМР-анализатора.

4. Непрерывный контроль дисперсности распределения капель раствора в эмульсии методом ЯМР по среднеарифметическому диаметру $D_{CA}(\text{мкм}) = \sum N_i D_i / \sum N_i$. Исследования показали, что зависимость D_{CA} от времен спин-решеточной T_{1B} релаксации воды с коэффициентом регрессии $R^2 = 0,95$ описывается соотношением:

$$D_{CA} = 0,16 \cdot \exp(2,85 \cdot T_{1B}). \quad (5)$$

Процесс контроля дисперсности можно осуществлять также на микроскопе (например марки Microscope MC-300 (Austria)). Микрофото с увеличением 640 представлено на рис. 4. Хорошо видны образующиеся водно-парафино-асфальтеновые агломераты.

5. Водная фракция смеси, образующаяся в результате реакции сырья с реагентом удаляется в блоке 1 при непрерывном ЯМР экспресс-контроле концентрации Π .

6. Блок 1 также может заменить дистилляционную установку для удаления комплексов Π при депарафинизации способом [1].

7. Конечный контроль нефти, нефтепродукта на концентрацию Π и закачка ее в нефтепровод, либо направление на новый цикл очистки от Π .

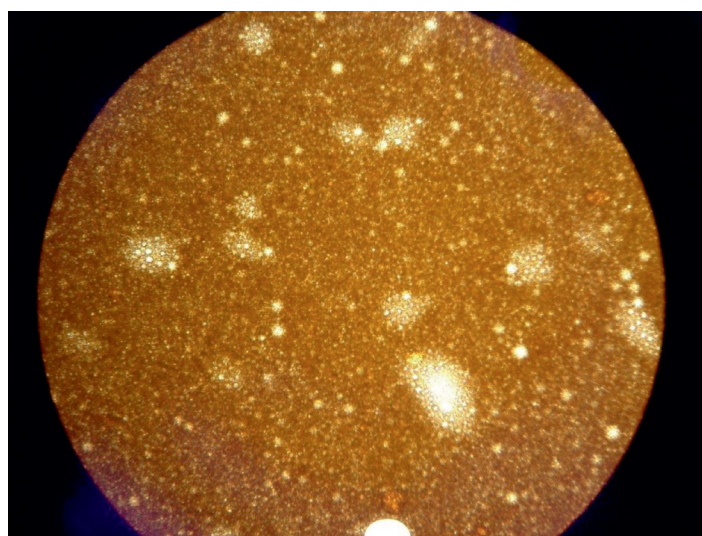


Рис. 4. Микрофото эмульсии с водно-парафино-асфальтеновыми агломератами. Получено на микроскопе марки Microscope MC-300 (Austria) с увеличением 640

Технические преимущества установки: возможность автоматического многопараметрического ЯМР экспресс-контроля и управления процессом удаления или снижения концентрации P , широкий диапазон измерений P , W и D_{CA} .

Заключение

1. Получены корреляции между концентрациями P , W и D_{CA} в нефтях и ЯМР-параметрами.

2. Предложена технология очистки нефти/нефтепродуктов от парафина с управлением и непрерывным контролем процесса проточным ЯМР-анализатором.

Список литературы

1. Кашаев Р.С. Аппаратура и методики ЯМР-анализа нефтяных дисперсных систем. Lambert Academic Publishing. Saarbruchen. 2012. – 91 с.

2. Кашаев Р.С., Фасхиев Н.Р. Определение параметров водных углеводородных эмульсий методом ядерной магнитно-резонансной релаксометрии // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2011. – № 5–6. – С. 33–46.

3. Патент РФ №2458970 C1, 24.06.2011.

4. Патент РФ № 2411508, 19.10.2009.

5. Патент РФ № 2135986, 2.06.98.

6. Патент РФ № 2359260, 12.07.2008 г.

7. Патент РФ № 2411508 19.10.2009.

8. Патент РФ № 2519496 C1 24.12.2012.

9. Патент РФ № 2544360 C1 20.03.2015.

10. Патент РФ № 74710 27.12. 2007.

11. Патент РФ № 115679, 10.05.2011 г.

12. Kashaev R.S., Gazizov E.G. Structure Dynamical Phase Transitions Studied by Nuclear (Proton) Magnetic Resonance under Visible and Infrared Irradiation // Chemical and Materials Engineering, 2, (2014) № 7. – P. 160–165, DOI 10.13189/cme. 2014.020703.

13. Kashaev R.S. Oil Disperse Systems Study Using Nuclear Magnetic Resonance Relaxometry // Advances in Energy Research. 2013. V.16. – 68 p. «Nova Science Publishers.» ID 12590, N-Y. USA.

14. Kashaev R.S., Temnikov A.N., Idiatullin Z.Sh., Charitonov M.V., Farachov T.I. NMR-Analyser for Automatic Control of Physical-Chemical Parameters of Crude Oil and Bitumen // Ext.Abstacts «Magnetic Resonance & Related Phenomena», XXVIII Ampere Congress, 1996, UK, P. 295–296.

15. Toski E., Hansen B.V., Smith D. Schlumberger, Three Phase Measurements, Bergen, Norge, 2007.

16. Teuveny B., Schlumberger, Cambridge, Great Britain. Evolution of measurements of manyphase flows and their influence on exploitation control. Informationsnyi resurs. Oil capital. ru. 2003. www.oilcapital.ru/edition/technik/archives/

УДК 661.25

**РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ПРОИЗВОДСТВА
ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ С КОМПЛЕКСНЫМ РЕШЕНИЕМ
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА****Ким П.П., Петровский А.М., Перетрутов А.А., Комаров В.А., Чубенко М.Н.***ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
Н. Новгород, e-mail: lab202@dfngtu.nnov.ru*

Одним из путей утилизации отработанной серной кислоты (ОСК) производства энергонасыщенных веществ является денитрация и концентрирование денитрированной кислоты с целью повторного использования в основном производстве. Использование ОСК позволяет наряду с частичным обеспечением потребности промышленности в серной кислоте и сокращением единовременных и текущих затрат на развитие сернокислотного производства решать актуальные социально-экономические задачи предотвращения вредных выбросов в окружающую среду и обеспечить безопасность деятельности человека. Глубокая денитрация ОСК, обеспечивающая охрану окружающей среды, возможна при добавке различных денитрирующих агентов, восстанавливающих соединения азота. Выполнен термодинамический анализ взаимодействия оксида азота (III) (азотистой кислоты) и азотной кислоты с 30 индивидуальными соединениями. Для проверки результатов термодинамического анализа исследован состав газовой фазы при денитрации ОСК восстановителями. Разработана и предложена схема технологического процесса денитрации ОСК.

Ключевые слова: отработанная серная кислота, энергонасыщенные материалы, термодинамический анализ, глубокая денитрация, состав газовой фазы, охрана окружающей среды

**REGENERATION OF SPENT SULPHURIC ACID IN THE PRODUCTION
OF ENERGY-MATERIALS WITH COMPLEX DECISION ENVIRONMENT
AND HUMAN SECURITY****Kim P.P., Petrovskii A.M., Peretrutov A.A., Komarov V.A., Chubenko M.N.***FSBEI HPE «Nizhny Novgorod state technical University n.a. R.E. Alekseev»,
N. Novgorod, e-mail: lab202@dfngtu.nnov.ru*

One of the ways of disposing of spent sulphuric acid (SSA) production of energy substances is denitration and concentration centrironannomu acid for the purpose of re-use in primary production. The use of SSA allows, along with partial support industry needs in sulfuric acid and the reduction of one-time and ongoing costs for the development of a sulphuric acid production to solve urgent social and economic problems prevent harmful emissions into the environment and to ensure the safety of human activity. Deep denitration SSA ensuring the protection of the environment, possible adding different generiruyushch agents, reducing nitrogen compounds. Performed thermodynamic analysis of the interaction of nitric oxide (III) (nitrous acid) and nitric acid with 30 individual compounds. To verify the results of the thermodynamic analysis is used to study the composition of the gas phase during denitration SSA reducing agents. Developed and proposed process flow diagram denitration SSA.

Keywords: spent sulphuric acid, saturated materials, thermodynamic analysis, deep denitration, the composition of the gas phase, environment

Одним из важнейших продуктов химии и химической технологии являются промышленные энергонасыщенные материалы. Для удовлетворения растущих потребностей в этих продуктах мощностей технологических комплексов по производству промышленных энергонасыщенных веществ в конце 1960-х и в начале 1970-х годов была увеличена в 1,5–2 раза. И в соответствии с этим резко возросло количество отработанных серной и азотных кислот. На установках регенерации кислот перерабатывается до 3 млн т серной кислоты и до 300 тыс. т азотной кислоты в год. При таких объемах перерабатываемых кислот на предприятиях отрасли сложилось тяжелая экологическая ситуация вследствие загрязнения окружающей среды аэрозолем серной кислоты и оксидами азота. Положение усугубилось еще и тем, что большинство предприятий раз-

мещено в густонаселенных районах страны, а некоторые из них в черте города. Учитывая необходимость увеличения мощности производств энергонасыщенных веществ и руководствуясь постановлениями правительства, было принято направление по коренному изменению технологии ОСК.

Цель исследования

Была поставлена цель выполнить термодинамический расчет взаимодействия в системе $N_2O_3(HNO_2) - HNO_3$ – восстановитель, исследовать состав газовой фазы в процессе денитрации различными денитрирующими агентами, разработать и предложить технологическую схему глубокой денитрации, обеспечивающую практически полную денитрацию (суммарное содержание соединений азота в денитрированной кислоте менее 10^{-2}).

Материалы и методы исследования

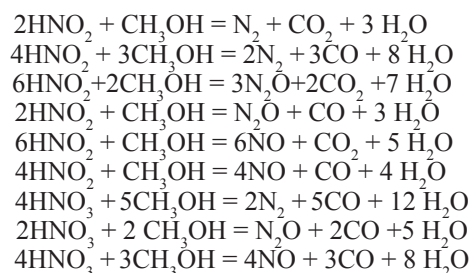
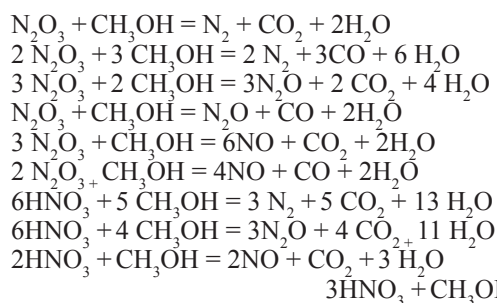
Опыты проводили при температурах 80–160 °С и стехиометрической норме реагентов для восстановления оксида азота (III) и азотной кислоты до элементарного азота, а при использовании одноатомных алифатических спиртов, формальдегида и уротропина их подавали в стехиометрической норме для восстановления соединений азота до оксида азота (II) [1–10].

Термостатированный реактор с мешалкой предварительно продували азотом, очищенным от кислорода пирогаллолом А. В реактор заливали 100 мл исследуемой кислоты и через воронку вводили водные или сернокислые растворы восстановителей. Газообразные продукты реакций, выделяющиеся при введении карбамида, сульфата и сульфита аммония, собирали в газовую бюретку. Анализ газа из бюретки проводили хроматографически (хроматограф серии «Цвет – 100», детектор – катарометр, газ – носитель – азот, температура термостатирования колонок 70 °С) по методике, отличающейся тем, что определение выполняли из одной пробы, проходящей последовательно через колонку с полисорбом 1, первую ячейку катарометра, щелочной поглотитель для удаления кислых газов, металллическую колонку длиной 5 м без насадки, колонку с цеолитом NaX и вторую ячейку детектора. Пробу газа отбирали шприцем после предварительной осуш-

ки над оксидом фосфора (V). Газы, выделяющиеся при взаимодействии соединений азота с метанолом, уротропином, формальдегидом, пропускали через поглотитель с 0,25 н раствором едкого натра для поглощения диоксида углерода, предварительно продутый азотом, и собирали в вакуированную колбу с 5 %-м нейтральным раствором пероксида водорода. Анализ растворов из поглотителя и вакуированной колбы проводили известными методами. При денитрации серной кислоты карбамидом, сульфатом и сульфитом аммония использовали 70 %-ю серную кислоту, содержащую 0,47 % HNO_3 и 0,43 % HNO_2 и 0,20 % N_2O_3 , а при денитрации метанолом и формальдегидом 0,3–0,4 % HNO_3 и 0,9–1,4 % N_2O_3 . Достоверность экспериментальных данных подтверждена расчетом материальных балансов по азоту и углероду с учетом содержания газов в мертвом пространстве реакторов, поглотителя и соединительных шлангов [1, 4, 6, 7].

Оксид азота (III) и азотная кислота могут восстанавливаться с выделением таких продуктов, как элементарного азота, оксидов азота (I) и (II), азотистой кислоты. При использовании углеродсодержащих добавок в газовую фазу могут выделяться оксиды углерода (II) и (IV).

Ниже приведены возможные реакции взаимодействия оксида азота (III) (или HNO_2) и азотной кислоты с метанолом.



В литературе имеется достаточно работ, посвященных денитрации серной кислоты введением различных добавок. Однако не освещен вопрос термодинамического анализа систем N_2O_3 (HNO_2) – HNO_3 – восстановитель, химизма превращения их в процессе денитрации, состава газовой фазы и выбора денитрирующих агентов. Между тем механизм взаимодействия денитрирующих агентов с соединениями азота может определить принципиальные требования к конструкции и компоновке оборудования при интенсификации денитрации ОСК или очистке контактной серной кислоты и олеума до требований стандарта.

Выполнен термодинамический анализ реакций взаимодействия соединений азота с 30 индивидуальными соединениями.

Расчеты показали, что термодинамически разрешено образование всех предполагаемых продуктов, т.к. величина энергии Гиббса получилась отрицательной и достаточно большой по абсолютной величине. Термодинамически неосуществима только реакция взаимодействия соединений азота с метаном с образованием элементарного азота и диоксида углерода. Судя по величине энергии Гиббса, предпочтительнее протекание реакций с восстановлением соединений азота до элементарного азота и окисления углерода восстановителями до оксидов углерода (II) и (IV).

По активности большинство восстановителей, исходя из полученных данных, близки. Так, например, при взаимодействии оксида азота (III) с восстановителями до азота и диоксида углерода при 130 °С величина энергии Гиббса находится в пределах 540–980 кДж/моль N_2O_3 . Исключение составляют гидроксилламин (2088), муравьиная, щавелевая, адипиновая кислоты (1168, 2923 и 6297), уксусный ангидрид (3203), пентаэритрит (3426) и янтарная и малоновая кислоты (1802 и 3136 кДж/моль N_2O_3).

Взаимодействие азотной кислоты с восстановителями при этих же условиях дает значение энергии Гиббса для большинства соединений 435–800 кДж/моль HNO_3 . Для гидроксилламина, щавелевой, янтарной и малоновой кислот, уксусного ангидрида и пентаэритрита энергия Гиббса составляет соответственно 1707, 2403, 8324, 4602, 2790 и 15440 кДж/моль HNO_3 . При взаимодействии оксида азота (III) с восстановителями с образованием NO и CO, энергия Гиббса при температуре 130 °С составляет 40–200 кДж/моль N_2O_3 , за исключением реакции с формальдегидом (308), этанолом (534), муравьиной (706), щавелевой (919) и янтарной кислотами (1471), уксусным ангидридом (1135) и пентаэритритом (2537 кДж/моль N_2O_3).

При взаимодействии азотной кислоты энергия Гиббса составляет 100–350 кДж/моль HNO_3 , а с фор-

мальдегидом – 442, муравьиной, щавелевой и янтарной кислотами 535, 1348 и 4349, уксусным ангидридом 1756 и пентаэритритом 2599 кДж/моль HNO_3 .

Активность в ряду предельных одноатомных спиртов по мере увеличения молекулярной массы может понижаться. Следует ожидать, что изомеры спиртов при низкой температуре (25°C) будут несколько хуже восстанавливать соединения азота, а при высокой температуре (130°C) – более активно.

Проведенный анализ также позволяет предположить, что по мере увеличения степени окисленности атома углерода в ряду $\text{CH}_3\text{OH}-\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}_2\text{O}_2$ должна возрастать денитрирующая активность соединений. Таким образом, все рассмотренные соединения должны достаточно активно восстанавливать оксид азота (III) и азотную кислоту.

Для разработки безотходного технологического процесса глубокой денитрации ОСК важно знать состав газовой фазы в процессе денитрации. Термодинамический анализ показал, что по мере уменьшения степени окисленности азота в ряду $\text{N}^{2+}-\text{N}^+-\text{N}^0$ энергия Гиббса возрастает по абсолютной величине. Следовательно, все соединения должны восстанавливать оксид азота (III) и азотную кислоту преимущественно до элементарного азота.

Результаты исследования и их обсуждение

Для проверки результатов термодинамического анализа был исследован состав газовой фазы при денитрации серной кислоты, содержащей раздельно и совместно N_2O_3 и HNO_3 , восстановителями. Такие данные необходимы и для выявления механизма и разработки технологической схемы глубокой денитрации.

Сульфит, бисульфит, оксалат аммония, гидразин, гидроксилламин, дикарбоновые и щавелевая кислоты, бензиновая и соляровая фракции нефтеперегонки также преимущественно восстанавливают соединения азота до элементарного азота.

При использовании сульфит-бисульфитных щелоков содержание оксида серы (IV) в газовой фазе колебалось в зависимости от соотношения указанных реагентов в пределах 30–50%. При особых условиях ведения процесса в газовой фазе практически отсутствуют соединения серы [2].

Основными продуктами денитрации серноазотнокислотной смеси (1,1 % HNO_3) оксалатом аммония являются диоксид углерода и азот. С ростом температуры от 100 до 160°C содержание диоксида углерода возрастает с 49,9 до 52,5%, а азота падает с 48,5 до 45,3%. При 100°C соединения азота в газовой фазе практически отсутствуют, а при 160°C содержание NO доходит до 1,5%. При денитрации серной кислоты, содержащей 0,08 % N_2O_3 и 2,07 % HNO_3 , с повышением температуры в том же интервале более интенсивнее возрастает содержание CO_2 (с 38,2 до 48,4%) и па-

дает содержание азота (с 40,6 до 35,4%). При 160°C содержание NO не превышает 0,4%, а N_2O_3 4,8 и HNO_3 до 11%, что связано с резким повышением равновесного парциального давления при повышенной температуре.

При денитрации кислоты, содержащей 1,3 % HNO_3 , продуктами перегонки нефти состав газовой фазы существенно зависит от температуры. При вышеуказанных условиях содержание CO_2 снижается с 77,1 до 51,7%, азота возрастает с 19,9 до 31,5%. При температуре 160°C содержание NO составляет 4,1%, а N_2O_3 и HNO_3 6,3 и 6,4%. Денитрация кислоты, содержащей 0,89 % HNO_3 и 0,65 % N_2O_3 сопровождается выделением NO 5,5 при 100°C и 15,5 % при 160°C . Содержание CO_2 снижается соответственно с 71,3 % до 56,5 %, выход азота практически не зависит от температуры и составляет 22–24%. При 160°C содержание N_2O_3 и HNO_3 не превышает 2–3 %.

При денитрации серноазотнокислотной смеси, содержащей 1,42 % HNO_3 , адипиновой кислотой газовая фаза состоит из CO_2 (64–69) и N_2 (27–29%), выход которых практически не зависит от температуры. При температуре ниже 100°C содержание азота доходит до 35%, а HNO_3 и NO в газовой фазе отсутствуют. При 160°C в газе обнаружены 5,5 % NO и около 1 % HNO_3 . При взаимодействии с нитрозной серной кислотой, содержащей 1 % N_2O_3 и HNO_3 , с ростом температуры в газовой фазе возрастает содержание соединений азота, причем при температуре ниже 100°C они практически отсутствуют, и при температуре ниже 140°C их содержание не превышает 1%, а при 170°C содержание NO, N_2O_3 и HNO_3 составляет соответственно 10,5, 0,72 и 2,8%.

Основными продуктами восстановления соединений азота в серной кислоте карбамидом, сульфатом, сульфитом, бисульфитом и оксалатом аммония, гидроксилламином, гидразином, щавелевой и дикарбоновыми кислотами, бензиновой и соляровой фракциями являются диоксид углерода и азот. Оксиды азота переходят в газовую фазу лишь за счет парциального давления над раствором серной кислоты. Степень денитрации в проведенных опытах в зависимости от температуры достигала 99,9%. Эти денитрирующие агенты, преимущественно восстанавливающие соединения азота до элементарного азота, можно отнести к одной группе. Эту группу восстановителей можно рекомендовать для глубокой денитрации серной кислоты с малым исходным содержанием

соединений азота без аспирации выделяющихся газов, т.к. продуктами денитрации являются экологически безвредные соединения. Интенсифицировать процесс, проводимый в отдельном аппарате, можно введением в систему неконденсируемой фазы, в частности воздуха, что позволит достичь высоких степеней очистки серной кислоты. В действующей установке восстановитель можно подавать в коллектор денитрированной кислоты или в днище денитратора.

Химизм взаимодействия соединений азота с алифатическими спиртами несколько отличается. При денитрации серноазотнокислотной смеси азотная кислота восстанавливается до оксида азота (II) и до элементарного азота. Так, при денитрации смеси, содержащей 70 % H_2SO_4 и 1,557 % HNO_3 , метанолом продукты денитрации содержат оксиды азота (II) и углерода (IV). Причем, содержание CO_2 практически не зависит от температуры (47,9–48,6 %). С ростом температуры (с 80 до 150 °C) доля азотной кислоты, восстановленной до оксида азота (II), возрастает с 35,3 до 39,1 %. Соответственно снижается доля элементарного азота. Оксид углерода (II) в газовой фазе не был обнаружен.

При совместном содержании оксида азота (III) и азотной кислоты химизм взаимодействия со спиртами принципиально не меняется, хотя при этом температура сильнее влияет на состав продуктов денитрации. Так, при денитрации кислоты, содержащей 70 % H_2SO_4 , 1,515 % N_2O_3 и 0,93 % HNO_3 , метанолом с ростом температуры содержание оксида азота (II) возрастает с 15,4 до 47,3 %, а азота – снижается с 31,6 до 2,6 %. Содержание оксида углерода (IV) несколько снижается (с 45,7 при 80 до 39,8 % при 150 °C). В газах обнаружены следы оксида азота (III) и азотной кислоты (менее 1 % до 130 °C и при 150 °C около 5 %), что по-видимому, обусловлено физической десорбцией их из раствора в соответствии с равновесным парциальным давлением над раствором. При температуре 150 °C серная кислота частично восстанавливается до оксида серы (IV).

Алифатические спирты могут быть рекомендованы для глубокой денитрации ОСК при температуре не выше 130 °C с утилизацией продуктов денитрации, поскольку только некоторая часть связанного азота дефиксируется. Введение этих реагентов возможно как на одну из тарелок действующей денитрационной колонны, так и путем установки принципиально нового реактора.

При использовании уротропина денитрации подвергалась серноазотнокислотная смесь, содержащая 2,48 % HNO_3 и нитроза, содержащая 1,96 % N_2O_3 и 0,6 % HNO_3 . Массовая доля исходной серной кислоты составляла 70 %.

Проведенные исследования показали, что все испытанные восстановители можно разбить на две группы. Одни денитрирующие агенты как карбамид, сульфат, сульфит, гидросульфит аммония, гидрозин, гидроксилламин, дикарбоновая и щавелевая кислоты, бензиновая и соляровая фракция нефтепереработки и т.д., а при использовании углеродсодержащих добавок – до элементарного азота и оксида углерода (IV). Эту группу восстановителей можно рекомендовать для глубокой денитрации ОСК с малым исходным содержанием соединений азота без аспирации выделяющихся газов, так как продуктами денитрации являются экологически безвредные соединения. Интенсифицировать процесс, проводимый в отдельном аппарате, можно введением в систему неконденсируемой фазы, в частности воздуха, что позволит достичь высоких степеней очистки ОСК. В действующей установке восстановитель можно подавать в коллектор денитрированной кислоты или в днище денитратора. Другая группа соединений, такие как алифатические спирты, сернокислые растворы формальдегида и уротропина, пентаэритрит, восстанавливают соединения азота преимущественно до оксида азота (II). Эти восстановители можно рекомендовать в качестве денитрирующих агентов для глубокой денитрации ОСК, подавая их в действующих установках на соответствующие тарелки денитратора. Расход пара при этом снижается в 2–8 раз [3–5]. Процесс может быть осуществлен и в объемном реакторе без продувки воздухом, что по сравнению с денитрацией водяным паром в колонном аппарате является более простым в эксплуатации и удобным для выполнения коррозионной защиты оборудования.

Выводы

1. Выполнен термодинамический анализ взаимодействия в системе N_2O_3 (HNO_2) – HNO_3 – восстановитель.
2. Определен состав газовой фазы при денитрации ОСК различными денитрирующими агентами.
3. Предложены схемы технологического процесса глубокой денитрации ОСК в зависимости от степени восстановления соединений азота.

Список литературы

1. Ким П.П., Катраев А.Н., Пастухова Г.В. Химизм процесса денитрации серной кислоты восстановителями // Журн. «Прикл химия». – 1987. – № 4. – С. 927–929.
2. Ким П.П., Козлов Р.В., Никандров И.С. Денитрация ОСК сульфит-сульфатными щелоками // Журн. «Прикл химия». – 1989. – № 4. – С. 843–845.
3. Ким П.П., Комаров В.А., Пастухова Г.В., Перетрутов А.А., Чубенко М.Н. Денитрация отработанной серной кислоты дикарбоновыми кислотами // Журнал «Хим. пром-сть сегодня». – 2014. – № 7. – С. 39–43.
4. Ким П.П., Пастухова Г.В., Катраев А.Н., Перетрутов А.А. Денитрация отработанной серной кислоты сернокислым раствором уротропина и некоторые его физико-химические свойства // Журн. «Прикл химия». – 1989. – № 1. – С. 97–100.
5. Ким П.П., Пастухова Г.В., Перетрутов А.А. Использование сернокислых отходов, содержащих уротропин и формальдегид, для регенерации отработанной серной кислоты // Журн. «Прикл химия». – 2000. – № 7. – С. 1220–1223.
6. Ким П.П., Пастухова Г.В., Перетрутов А.А. Исследование состава газовой фазы при денитрации серной кислоты восстановителями // Журнал «Хим. пром-сть». – 1998. – № 11. – С. 28–30.
7. Ким П.П., Пастухова Г.В., Перетрутов А.А., Чубенко М.Н., Ким В.П., Комаров В.А. Денитрация отработанной серной кислоты производства высокоэнергетических (энергонасыщенных) веществ и концентрирование азотной кислоты с помощью серной // Журнал «Хим. пром-сть сегодня». – 2015. – № 1. – С. 39–44.
8. Ким П.П., Пастухова Г.В., Чубенко М.Н., Перетрутов А.А., Ким В.П., Комаров В.А. Денитрация отработанной серной кислоты метанолом // Журнал «Хим. пром-сть сегодня». – 2014. – № 12. – С. 30–33.
9. Ким П.П., Перетрутов А.А., Ким В.П., Комаров В.А. Денитрация отработанной серной кислоты // Журнал «Хим. пром-сть сегодня». – 2013. – № 8. – С. 9–10.
10. Ким П.П., Перетрутов А.А., Пастухова Г.В. Денитрация отработанной серной кислоты отходом переработки спирта-сырца и некоторые его физико-химические свойства // Журнал «Хим. пром-сть». – 1998. – № 12. – С. 34–36.

УДК 697.39

СТУПЕНЧАТОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ**Кочева М.А., Кондратьев Р.В.***ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»,
Нижний Новгород, e-mail: rvkondratev@mail.ru*

В настоящее время в Российской Федерации все большее значение приобретает необходимость учета возможностей такого важного фактора развития экономики, как энергосбережение. Это объясняется, главным образом, неуклонным уменьшением запасов энергетического сырья, дефицитом и все возрастающей дороговизной топлива, ростом затрат на его добычу. Темп роста потребности энергии значительно опережает темпы прироста топливных ресурсов. При этом обостряется проблема оздоровления воздушного бассейна промышленных центров. Кроме того, в теплоэнергетике сложилась напряженная ситуация, обусловленная неудовлетворительным техническим состоянием оборудования, в частности, котельных установок, эксплуатируемых с низкими значениями коэффициентов полезного действия. Исходя из этих положений, перед энергетикой страны ставится задача неотложного решения данных проблем путем применения газоиспользующих установок комплексного энерготехнологического использования топлива.

Ключевые слова: энергосбережение, котельные промышленных предприятий, продукты сгорания, теплообменник, многоступенчатая установка

STEPWISE THE USE OF HEAT OF PRODUCTS OF COMBUSTION**Kocheva M.A., Kondratiev R.V.***Nizhny Novgorod state architectural and construction University, Nizhny Novgorod,
e-mail: rvkondratev@mail.ru*

Currently, in the Russian Federation is becoming increasingly important, the necessity of considering the possibilities of such an important factor in the development of the economy as energy saving. This is due, mainly, with consistent reduction of energy reserves, deficits and ever-increasing high cost of fuel, rising costs of its production. The growth rate of energy consumption is significantly outstripping the growth rate of fuel resources. This exacerbated the problem of improving air basin industrial centers. In addition, the power system has evolved tense situation due to unsatisfactory technical condition of the equipment, in particular boilers operating with low values of efficiency coefficients. Based on these provisions, the power generation sector of the country the task is urgent to solve these problems by applying a gas-powered plants integrated energy fuel use.

Keywords: energy saving, boiler plants of industrial enterprises, the products of combustion, a heat exchanger, multi-stage setting

До последнего времени на промышленных предприятиях в большинстве случаев применялись газоиспользующие установки, ограничивающиеся двумя ступенями утилизации продуктов сгорания топлива. За котлами проектировались металлические экономайзеры, исходя из условия охлаждения уходящих газов в них до температуры 140–180 °С. При этом, кроме высокой температуры уходящих газов, сжигание природного газа в топках котлоагрегатов осуществлялось со значительным коэффициентом избытка воздуха, что приводило к большим потерям теплоты [3].

Одним из направлений энергосбережения и охраны окружающей среды является применение при проектировании котельных установок метода комплексного энерготехнологического использования теплоты продуктов сгорания природного газа (технология глубокой утилизации теплоты уходящих газов из котлов).

Суть метода заключается в максимальном использовании теплоты продуктов сгорания природного газа, которые можно рассматривать как качественный теплоно-

ситель в комплексных ступенчатых установках различного температурного уровня, а именно: высоко-, средне- и низкотемпературных. При этом отводимые продукты сгорания топлива из высокотемпературных агрегатов последовательно проходят через другие теплоиспользующие установки, работающие при более низких температурах, в которых за счет снижения их температуры ниже температуры точки росы используется не только физическая теплота газов (до 8%), но и теплота конденсации водяного пара, содержащегося в них (около 10%). Внедрение таких технологий позволяет существенно (на 10–15%) повысить эффективность использования теплового потенциала топлива и обеспечить его экономию [5].

В результате, кроме увеличения энергетической эффективности установок, уменьшается температура продуктов сгорания, выбрасываемых в атмосферу, и, таким образом, улучшается экологическая обстановка в районе расположения котельных за счет снижения «термического» загрязнения воздушного бассейна и количества вредных

выбросов в окружающую среду оксидов азота и углекислоты.

Кроме того, достоинством теплоутилизационных технологий является возможность использования конденсата в качестве подпиточной воды для котлов и систем теплоснабжения [2].

Наиболее эффективной теплоутилизационной схемой по коэффициенту использования топлива (к.и.т.) представляется объединение котла и теплоутилизационных устройств в единую замкнутую систему.

Комплексные ступенчатые установки имеют несколько циркуляционных контуров. Для подогрева воздуха на горение используют контур, включающий в себя конденсационный воздухоподогреватель (КВП), обогреваемый продуктами сгорания, имеющими максимальную температуру. В КВП происходит охлаждение всех продуктов сгорания топлива до точки росы без конденсации водяного пара и их части, ниже точки росы, с конденсацией водяного пара.

Для подогрева обратной воды из отопительной системы используют контур, так же обогреваемый продуктами сгорания, имеющими максимальную температуру.

Горячую воду для подогрева подпиточной воды в котельных промышленных предприятий и на горячее водоснабжение получают в контуре, включающем в свою схему низкотемпературные теплообменники, обогреваемые с использованием теплоты конденсации водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания природного газа.

Основным элементом такой установки является промышленный конденсационный теплообменник (КТ). В КТ осуществляется охлаждение оставшейся части продуктов сгорания топлива ниже точки росы с конденсацией водяного пара из них (конденсационный режим теплообмена).

Благодаря шахматному расположению теплопередающих трубок, применению теплообменного элемента с параметрами, близкими к оптимальным и за счет осуществления многоходового движения теплоносителя в калориферах достигаются высокие теплотехнические показатели калориферов.

Теплоутилизатор устанавливается в газоходе котла, между экономайзером и дымососом. После экономайзера парогазовая смесь из продуктов сгорания природного газа с начальной температурой 140 °С (средняя за год) поступает на распределительный клапан, разделяющий её на 2 потока (рисунок).

Один из них (55 %) направляется в конденсационные теплообменники, охлаждаясь в них до температуры 40 °С, что ниже

температуры точки росы. Данный процесс сопровождается уменьшением влагосодержания продуктов сгорания со 115 до 50 г/кг с.г и выпадением конденсата в количестве 170 л/ч (среднее значение за год при работе котельной на газе).

Во избежание выпадения конденсата в газовом тракте, оставшиеся 45 % парогазовой смеси с температурой 140 °С, относительной влажностью воздуха 100 % и влагосодержанием 50 г/кг с.г, пройдя через каплеуловитель, смешиваются с охлажденными в утилизаторе газами. Получаемый при этом поток, имеющий температуру 70 °С (выше температуры точки росы), относительную влажность 40 % и влагосодержание – 65 г/кг с.г, с помощью дымососов выбрасывается в дымовую трубу. Благодаря подсушке выпадение конденсата в газовом тракте исключается при всех режимах работы котельной.

Для обеспечения защиты газоотводящего тракта и дымовой трубы от коррозии и разрушения наиболее эффективным способом является повышение температуры уходящих газов выше температуры точки росы осуществляется путем их смешения с горячим воздухом.

Поэтому при разработке теплоутилизационной системы необходимо предусмотреть возможность высокотемпературного нагрева необходимого для этой цели количества воздуха в воздухоподогревателе.

В связи с тем, что теплообменник установки работает в обычном режиме, без использования теплоты фазового перехода, его использование для отопления менее эффективно.

Кроме того, вода, нагретая в многоступенчатых установках, не является коррозионно-активной и может применяться для нагрева воды на нужды горячего водоснабжения в столовых, душевых, мойках и других бытовых помещениях промышленных предприятий, имеющих собственную котельную.

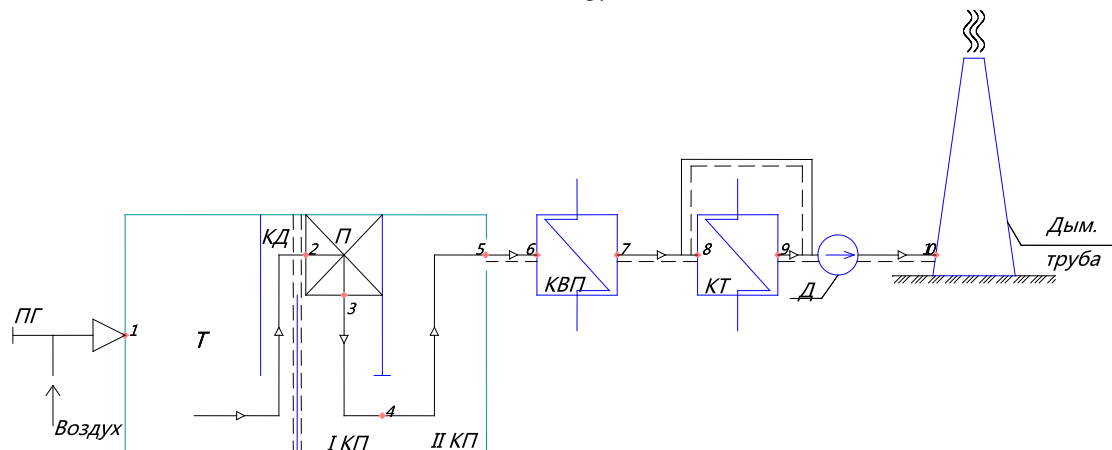
Охлаждая продукты сгорания до температуры ниже температуры точки росы (50–60 °С) коэффициент использования потенциала топлива повышается на 3–4 % и может быть доведен примерно до 95–97 %.

Применение комплексных многоступенчатых установок по отбору теплоты конденсации водяных паров из продуктов сгорания газа в котельных установках позволяет снижать расход природного газа до 17 %.

При комплексном использовании дожигательных устройств и предложенных установок достигается снижение вредных выбросов в атмосферу [4].

Компоновка КУ ДКВр 10/13:

$T + КД + П + I КП + II КП + КВП + КТ + Д + Дым.труба$



Пример компоновки котельной установки с КВП и КТ: Т – топка котлоагрегата, КД – камера догорания, П – пароперегреватель, I КП – первый конвективный пучок, II КП – второй конвективный пучок, КВП – конденсационный воздухоподогреватель, КТ – конденсационный теплообменник, Д – дымосос, СЛ – серединная линия, Дым. тр. – дымовая труба. Подача воздуха в топку для горения топлива организуется с помощью дутьевого вентилятора, а удаление топочных дымовых газов – с помощью дымососа. Поэтому тяга искусственная, уравновешенная

Список литературы

1. ФЗ № 28 Федеральный закон об энергосбережении. Принят Государственной Думой 13.03.1996 г. – М.: Кремль / в редакции Федерального закона от 05.04.2003 № 42-ФЗ.
2. Булгаков К.В. Использование вторичных энергоресурсов. – М.-Л., Госэнергоиздат, 1963. – 184 с.: ил.
3. Климов Г.М. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии для получения теплоты в системах теплоснабжения: вторичные энергетические ресурсы. Методическая

разработка для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 140104.65 Промышленная теплоэнергетика, 270109.65 Теплогасоснабжение и вентиляция/ Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т; – Н. Новгород: ННГАСУ, 2012. – 38 с.:ил.

4. Лебедева Е.А., Кочева Е.А. Эффективность применения дожигательных устройств в промышленных котлах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 8. – С. 103–104.

5. Равич М.Б. Газ и его применение в народном хозяйстве / М.Б. Равич; АН СССР. Гос. ком. Совета Министров СССР по науке и технике. ВИНТИ. – М.: Наука, 1974. – 367 с.: ил.

УДК 628.477.6

ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОМБИНИРОВАННЫХ ОТХОДОВ УПАКОВКИ

Кремнева А.В., Коляда Л.Г., Пономарев А.П.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: chem@magtu.ru

Работа направлена на решение актуальной проблемы загрязнения окружающей среды твёрдыми бытовыми отходами (ТБО). Цель работы заключалась в исследовании возможности совместной переработки бумажной и полимерной фракций отходов упаковки, которые составляют примерно 50 % от общего объёма ТБО. В ходе исследования были получены различные полимерно-бумажные композиты из отходов упаковки, изучены их физико-механические свойства, предложена технологическая схема производства композитов из отходов упаковки, проведён полный факторный эксперимент и проанализировано влияние технологических факторов на свойства композитов. Установлено, что полимерно-бумажные композиты с наилучшими физико-механическими свойствами могут быть получены при следующих условиях: содержание полимерной ПЭ-фракции – 20 %, время горячего прессования – 30 с, использование ПВА для проклейки.

Ключевые слова: полимерно-бумажные композиты, макулатурные волокна, полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), время горячего прессования, предел прочности при расслаивании, предел прочности при растяжении, полный факторный эксперимент (ПФЭ)

RECYCLING OF COMPOSITE PACKAGING WASTE

Kremneva A.V., Kolyada L.G., Ponomarev A.P.

FGBOU VPO «Nosov Magnitogorsk State Technical University», Magnitogorsk, e-mail: chem@magtu.ru

The research is aimed at urgent problem solving of environmental pollution by municipal solid waste (MSW). The purpose of the work was to study the possibility of joint paper and polymeric packaging waste recycling. This waste constitutes about 50 % of the total MSW. While investigating we have produced various polymeric and paper composites from packaging waste, studied their physical-mechanical properties, proposed flowsheet of composite production from packaging waste, conducted a complete factorial and analyzed the impact of varied technological factors on physical-mechanical properties of composites. It is determined that the polymeric and paper composites with the best physical-mechanical properties can be produced under the following conditions: the content of polymeric PE-fraction – 20 %, hot pressing time – 30 seconds, the use of PVA for sizing.

Keywords: polymeric and paper composites, secondary cellulose fibers, polyethylene (PE), polypropylene (PP), hot pressing time, ultimate stratification strength, tensile strength, complete factorial (CF)

Проблема твёрдых бытовых отходов (ТБО) является актуальной, поскольку её решение связано с необходимостью охраны окружающей среды и ресурсосбережения. ТБО, образующиеся в результате жизнедеятельности населения, представляют собой гетерогенную смесь сложного морфологического состава [6], основными компонентами которой являются отходы упаковки (около 50 %). Кардинальный путь решения проблемы утилизации ТБО – это промышленная переработка их отдельных фракций.

Лёгкая фракция ТБО представлена преимущественно бумагой и полимерными плёнками, в основном полиолефинами – полиэтиленом (ПЭ) и полипропиленом (ПП). Одной из основных операций при сортировке ТБО на тяжёлую и лёгкую фракции является аэросепарация. При этом выделяется лёгкая бумажно-полимерная фракция, которая содержит 75–80 % бумаги и 20–25 % полиолефинов [3].

Таким образом, цель работы заключалась в исследовании возможности совместной переработки бумажной и полимерной фракций отходов упаковки.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- получить полимерно-бумажные композиты;
- изучить физико-механические свойства композитов;
- предложить технологическую схему производства полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки;
- провести полный факторный эксперимент для установления влияния основных технологических факторов на физико-механические свойства композитов.

Материалы и методы исследования

Получение полимерно-бумажных композитов включало следующие стадии: измельчение, приготовление полимерно-бумажной суспензии, формование отливки, горячее прессование и сушка [4]. Содержание полиолефинов в полимерно-бумажных композитах варьировалось от 10 до 30 %. Для проклейки массы использовали два вида клея – силикатный и поливинилацетатный (ПВА) (1 % масс) [5].

Роспуск макулатурных волокон в водной среде осуществлялся в дезинтеграторе при температуре 40 °С до получения однородной массы. При этом происходит как чисто механический процесс изменения формы и размеров волокон, так и коллоидно-химический процесс, называемый гидратацией. Придание волокнистому материалу определенной степени гидратации необходимо для создания сил сцепления

между волокнами для получения прочного и плотного композита [2].

Из приготовленной суспензии вакуумированием получали полимерно-бумажные отливки. Прессование полимерно-бумажных композитов проводили при температуре 150 °С и усилии 29,7 Н. Время горячего прессования варьировали от 10 до 50 с. Сушку полимерно-бумажных композитов проводили при комнатной температуре на воздухе в течение 24 часов [4].

Полученные полимерно-бумажные композиты с предварительно определённой массой композита площадью 1 м² по ГОСТ 13199-88 «Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Метод определения массы продукции площадью 1 м²» были подвергнуты испытаниям на расслаивание по ГОСТ 13648.6-86 «Бумага и картон. Методы определения сопротивления расслаиванию» и растяжение по ГОСТ 13525.1-79 «Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении». Исследования проводились на испытательной машине ИП 5158-0,5 производства ООО «Импульс» (г. Иваново) в Лаборатории физико-химических испытаний упаковочных материалов ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».

Для установления степени влияния технологических факторов на свойства композитов, а именно на предел прочности при растяжении (σ , МПа), был спланирован полный факторный эксперимент (ПФЭ). В качестве варьируемых факторов были выбраны содержание ПЭ ($C_{ПЭ}$, % (x_1 в нормированном виде)) с основным уровнем 20% и интервалом варьирования $\pm 10\%$ и время выдержки под горячим прессом ($t_{выд}$, с (x_2 в нормированном виде)) с основным уровнем 30 с и интервалом варьирования ± 20 с. Такие значения основного уровня варьируемых факторов были приняты, исходя из того, что примерно 20–25 % ПЭ включает в себя ламинированная бумага (один из источников сырья для получения полимерно-бумажных композитов в промышленных условиях), а при 30 с происходит наиболее полное расплавление ПЭ и сцепление целлюлозных волокон без их разрушения [4].

В соответствии с методикой проведения ПФЭ [1] была построена матрица планирования эксперимента (табл. 1), согласно которой было проведено четыре опыта с различным содержанием ПЭ и разным временем выдержки под прессом.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 представлены зависимости массы 1 м² полученных композитов от содержания полимерных фракций.

Из анализа полученных результатов следует, что с увеличением содержания полимерной фракции масса 1 м² композита растёт, введение в полимерно-бумажную суспензию клея ПВА приводит к повышению массы 1 м² от 5 до 18 %. Это объясняется прочным сцеплением целлюлозных волокон и частиц полимерных фракций [5].

При введении в суспензию ПВА также возрастает прочность при расслаивании полимерно-бумажных композитов. Полученные результаты испытаний по определению предела прочности при расслаивании композитов представлены на рис. 2.

Установлено, что при введении клея ПВА предел прочности при расслаивании увеличивается на 56–121 %, при введении силикатного клея – на 16–58 %. Композиты с ПЭ в целом имеют более высокие значения предела прочности при расслаивании, чем с ПП. Это объясняется тем, что температура прессования достаточна для расплавления частиц ПЭ, которые связывают целлюлозные волокна и при последующей сушке образуют жёсткий полимерно-бумажный композит. При растягивающих усилиях он не разрушается, а происходит отрыв образца от клеящей ленты, поэтому показатель «предел прочности при расслаивании» не является достаточно информативным для композитов с ПЭ-фракцией. Для плавления ПП температура горячего прессования недостаточна, в результате чего его частицы слабо сцеплены с целлюлозными волокнами, структура композита рыхлая. По этой причине в дальнейших исследованиях изучались композиты на основе ПЭ-фракции с ПВА-проклейкой [5].

Предел прочности при растяжении композитов является количественной характеристикой силы его межволоконных связей. На рис. 3 представлены деформационно-прочностные кривые, построенные при растяжении полимерно-бумажных композитов, которые были получены с применением ПВА-проклейки и временем горячего прессования 30 с.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Значения факторов в натуральном масштабе		Нормированные значения факторов			
	$C_{ПЭ}$, %	$t_{выд}$, с	x_0	x_1	x_2	$x_1 x_2$
1	10	10	1	– 1	– 1	1
2	30	10	1	1	– 1	– 1
3	10	50	1	– 1	1	– 1
4	30	50	1	1	1	1

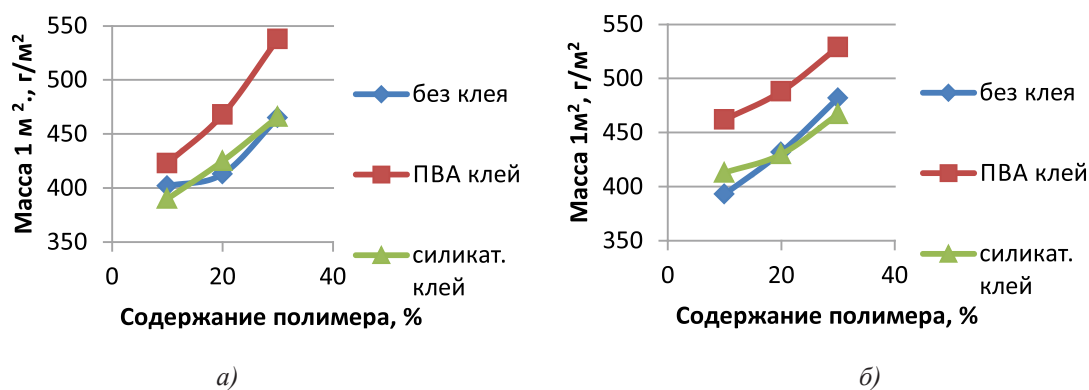


Рис. 1. Зависимость массы 1 м² композитов от содержания полимерной фракции: а) ПЭ; б) ПП

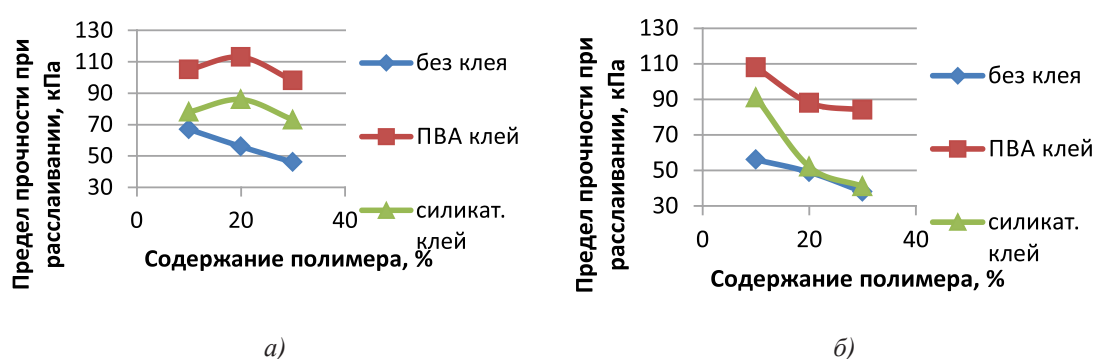


Рис. 2. Зависимость предела прочности при расслаивании композитов от содержания полимерной фракции: а) ПЭ; б) ПП

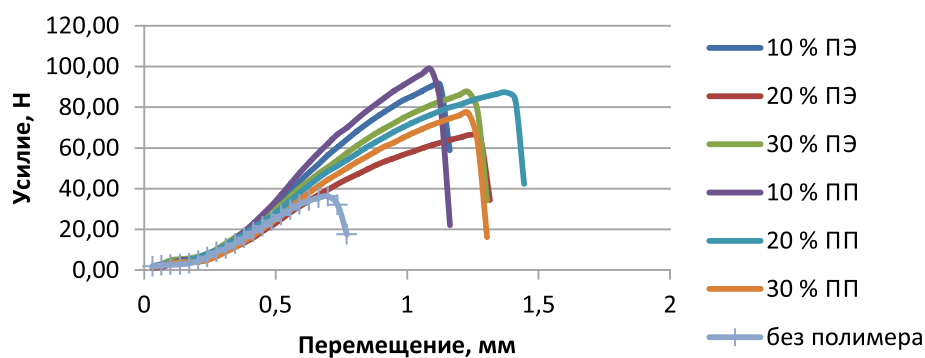


Рис. 3. Деформационно-прочностные кривые для полимерно-бумажных композитов (используемый клей – ПВА, время горячего прессования – 30 с)

Таблица 2
Результаты определения предела прочности при растяжении композитов (МПа)

Время горячего прессования $t_{\text{выд}}$, с	Содержание ПЭ $C_{\text{ПЭ}}$, %		
	10	20	30
10	3	4	2
30	7	6	6
50	4	5	1

Сопротивление разрыву у композитов с полимерной фракцией в сравнении с бумагой возрастает на 100–168 %. Также увеличивается и удлинение до разрыва на 56,5–100 %. Результаты измерения предела прочности при растяжении композитов, полученные при варьировании времени горячего прессования, представлены в табл. 2.

Анализ полученных результатов показывает, что наибольшее значение предела прочности при растяжении полимерно-бумажных композитов достигается у всех образцов, подвергшихся горячему прессованию в течение 30 с. Этого времени достаточно для полного расплавления ПЭ и сцепления целлюлозных волокон без их разрушения. При более длительном времени горячего прессования, вероятно, происходит частичное разрушение целлюлозных волокон с появлением подпалин [5].

В соответствии с данными источников [6] получаемый композит возможно использовать для получения таких бумажно-литевых изделий, как картон и др. Традиционно данные изделия изготавливают из макулатуры. Технологии их производства известны, они имеют схожий между собой характер.

Новизна настоящей работы заключается в предложении переработки не только макулатуры, но и полиолефиновых плёнок совместно с макулатурой в изделия. Технологическая схема переработки отходов упаковки с получением полимерно-бумажных композитов и изделий из них включает: измельчение ТБО, аэросепарацию, пульпирование, составление композиции, формование изделия, горячее прессование, сушку, контроль качества, упаковку.

Из измельчённого потока ТБО на стадии аэросепарации выделяется лёгкая фракция, представленная бумагой и полиолефиновой плёнкой. На стадии пульпирования подготовленную макулатуру и плёнку загружают в гидроразбиватель, дезинтегратор или пульпер, где происходит роспуск макулатурных волокон и смешивание их с частицами полимера. Следующая стадия – стадия составления композиции, после которой можно приступить к формованию изделий. Часто формование изделий и горячее прессование происходят одновременно. Формование изделий осуществляют с помощью вакуум-насосов на формирующих матрицах или сеточных столах. Прессование может проходить на нагретых валах

или с помощью пуансонов, что зависит от вида изготавливаемого изделия. Далее изделие высушивают для удаления остатков влаги и приобретения окончательного вида. Сушка может производиться на воздухе или в сушилках различного типа. Затем изделие проверяют на качество и упаковывают.

По результатам проведённого ПФЭ было получено адекватное результатам исследований уравнение регрессии:

$$\sigma = 2,39 - 0,67 \cdot \left(\frac{C_{ПЭ} - 20}{10} \right) - 0,72 \left(\frac{C_{ПЭ} - 20}{10} \right) \cdot \left(\frac{t_{выд} - 30}{20} \right).$$

Данное уравнение позволяет судить о том, что на предел прочности при растяжении полимерно-бумажных композитов наибольшее влияние оказывает такой фактор, как содержание ПЭ. Также на значение выходной величины влияет взаимодействие двух факторов – содержания ПЭ и времени горячего прессования [5].

Заключение

Проведённые эксперименты и анализ полученного уравнения регрессии позволили установить, что полимерно-бумажные композиты с наилучшими физико-механическими свойствами могут быть получены при следующих условиях: содержание полимерной ПЭ фракции – 20 %, время горячего прессования – 30 с, использование ПВА-суспензии для проклейки массы.

Список литературы

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
2. Вторичное волокно // АРЗ Плюс: сайт. – URL: <http://arzpuck.ru/arz052.html> (дата обращения 02.07.2015).
3. Деркач Я.В. Переработка тары и упаковки из комбинированных материалов // Тара и упаковка. – 2004. – № 1. – С. 26–27.
4. Кремнева А.В., Коляда Л.Г., Пономарев А.П. Исследование возможности получения полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки // Актуальные проблемы современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции 13–14 декабря 2013 г. (г. Уфа): в 4 ч. Ч.4. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. – С. 176–179.
5. Кремнева А.В., Коляда Л.Г., Пономарев А.П. Получение полимерно-бумажных композитов из отходов упаковки // Современные проблемы науки и образования, 2014. – № 2. – URL: <http://www.science-education.ru/116-12900> (дата обращения 02.07.2015).
6. Шубов Л.Я., Ройзман В.Я., Дуденков С.В. Обогащение твёрдых бытовых отходов. – М.: Недра, 1987. – 238 с.

УДК 621.22.01

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ДИСКОВЫХ ГИДРОТУРБИН

¹Лысенко В.С., ²Кулжабаев Б.Д.¹РГП на праве хозяйственного ведения «Казахский национальный педагогический университет им. Абая», Алматы, e-mail: vikstel.777@mail.ru;²ТОО «Университет «АЛМАТЫ», Алматы, e-mail: kulzhabaevb@mail.ru

Проблема аналитического расчета динамических параметров дисковых турбин связана с экспериментальным определением коэффициента вязкого трения в зазорах между дисками турбины. Существующие методики определения вязкости воды не приемлемы для расчета дисковых гидротурбин, так как они не учитывают параметры зазора между дисками и трение воды по поверхности дисков. В статье представлены методики определения коэффициента вязкого трения в зазорах между дисками гидротурбины, экспериментальные данные и аппроксимированные выражения для определения этого коэффициента в зависимости от скорости потока жидкости. Также получена эмпирическая зависимость коэффициента вязкого трения от параметров расхода жидкости и геометрических размеров турбины и дисков. Результаты работы применимы для инженерных расчетов и динамического анализа разработанных конструкций дисковых турбин.

Ключевые слова: дисковая турбина, расход жидкости, коэффициент вязкого трения, методика, экспериментальные данные, сила вязкого трения

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF COEFFICIENT OF VISCOUS FRICTION FOR CALCULATION OF DISK WATER-WHEELS

¹Lysenko V.S., ²Kulzhabaev B.D.¹Republican State Enterprise on the right of business «Kazakh National Pedagogical University Abay», Almaty, e-mail: vikstel.777@mail.ru;²LLP «University «ALMATY», Almaty, e-mail: kulzhabaevb@mail.ru

The problem of analytical calculation of dynamic parameters of the turbine disk is connected with the experimental determination of the coefficient of viscous friction between the discs clearance turbine. Existing methods for determining the viscosity of water is not suitable for calculating the disk of the turbines, as they do not take into account the parameters of the clearance between the discs and the friction surfaces of the disks on water. Experimental data and the approximated expressions for determination of this coefficient depending on liquid stream speed are presented in article a technique of determination of coefficient of viscous friction in gaps between water-wheel disks. Empirical dependence of coefficient of viscous friction on parameters of a consumption of liquid and the geometrical sizes of the turbine and disks is also received. Results of work are applicable for engineering calculations and the dynamic analysis of the developed designs of disk turbines.

Keywords: disk turbine, liquid consumption, coefficient of viscous friction, technique, experimental data, power of viscous friction

В статьях [2–5] получены аналитические зависимости для определения крутящего момента и мощности на валу дисковых гидротурбин от сил вязкого трения. Существующие методики [1] определения коэффициента вязкого трения воды не применимы для этих расчетов из-за дополнительных факторов влияния, а именно зазора между дисками и материала дисков. В этой связи разработка методики экспериментального определения коэффициента вязкого трения для расчета дисковых гидротурбин является весьма актуальной.

Цель исследования

Целью исследования является разработка методики экспериментального определения коэффициента вязкого трения в зависимости от скорости движения жидкости и конкретных материалов, которые используются для изготовления дисков гидротурбины.

Материалы и методы исследования

Для анализа полученных аналитических зависимостей [2–5] необходимо экспериментальное определение коэффициента вязкого трения μ . Для этих целей была разработана методика и изготовлен специальный стенд для определения коэффициента вязкого трения на малых скоростях, фотография которого представлена на рис. 1.

Стенд состоит из рамы, на которой установлен мотор-редуктор с частотой вращения 100 об./мин выходного вала, на котором установлен ведущий блок из 7 звездочек разного диаметра, цепной передачи с устройством для натяжения цепи, второго ведомого блока из 8 звездочек, шестерни и рейки, на которой крепится тензометрическая балка. Пакет из нескольких пластин закреплялся при помощи тонкой нити к тензометрической балке и погружался в емкость с водой. Конструкция зубчато-реечной передачи такова, что при совершении шестерней полутора оборотов рейка перемещается на 35 мм, и после этого шестерня выходит из зацепления с рейкой и последняя останавливается.

Пакет собирался из пяти пластин размером 0,1х0,15 м из того же материала, что диски турбины,

а именно из алюминия толщиной 1,2 мм. Зазор между пластинами $b = 0,002$ м определялся толщиной шайб.



Рис. 1. Стенд для определения коэффициента вязкого трения на малых скоростях

Методика определения коэффициентов заключается в следующем.

Измерения производились при помощи системы сбора данных LTR-U-1 с компьютерной программой L Graph 2 (L-CARD) для тензометрических измерений.

Первоначально производилась тарировка тензометрической балки при помощи грузов в 10, 20 30 граммов. По графику тарировки в программе L Graph 2 определялся коэффициент пересчета в ньютонах на вольт [Н/В].

Пакет из пластин погружали в воду. Затем цепь устанавливалась в зацепление определенных пар ведущего и ведомого блоков звездочек. Для замера силы трения F_μ в экспериментах использовалась тензометрическая балка. Далее включался двигатель и при помощи системы сбора данных LTR-U-1

в программе L Graph 2 записывался график изменения силы гидравлического трения, которая отображалась на графике в вольтах. При помощи коэффициента пересчета определялась сила вязкого трения F_μ в ньютонах. Таким образом, производились замеры при различных сочетаниях ведущей и ведомой звездочек.

Для определения скорости вначале вычислялось время полутора оборотов шестерни в секундах в соответствии с передаточным отношением задействованных пар звездочек. Затем определялась скорость как частное пути (0,035 м) и время полутора оборотов шестерни в секундах.

Коэффициент вязкого трения определяется из зависимости по формуле

$$\mu = \frac{bF_\mu}{2fv}, \quad (1)$$

где $f = 2 \cdot 5 \cdot 0,15 \cdot 0,1 = 0,15$ м² – суммарная площадь пакета пластин;

$b = 0,002$ м – зазор между пластинами.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты экспериментального определения коэффициента вязкого трения при температуре воды 20 °С сведены в табл. 1.

На рис. 2 представлен график экспериментальной зависимости коэффициента вязкого трения μ в зависимости от изменения скорости v потока воды, построенные по данным табл. 1 и аппроксимирована линейной функцией с стандартным отклонением 0,0078114 и среднеквадратичной ошибкой 0,0240305 в виде уравнения

$$\mu = 0,0508098v + 0,0755041. \quad (2)$$

Для определения коэффициента вязкого трения на средних скоростях использовался тот же экспериментальный стенд, только двигатель был без редуктора. Фотография этого стенда представлена на рис. 3.

Эксперименты проводились аналогично описанным выше. Результаты экспериментального определения коэффициента вязкого трения при температуре воды 20 °С сведены в табл. 2.

Таблица 1

Результаты определения коэффициента вязкого трения

№ опыта	Скорость перемещения v , м/с	Сила трения F_μ , Н	Коэффициент вязкого трения μ , Па*с
1	0,0195	0,1884	0,065
2	0,0260	0,3139	0,081
3	0,0333	0,3453	0,069
4	0,0410	0,4395	0,0718
5	0,0503	0,6488	0,0865
6	0,0667	0,7429	0,0754
7	0,0778	0,8371	0,0722
8	0,0840	0,7848	0,0626

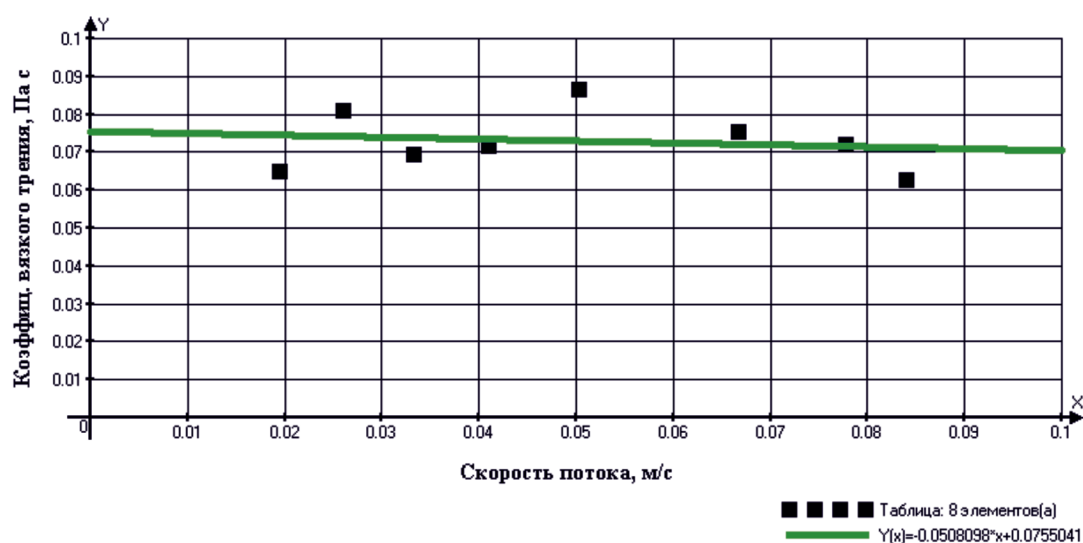


Рис. 2. График экспериментальной зависимости коэффициента вязкого трения от скорости потока воды до 0,09 м/с



Рис. 3. Фотография стенда для определения коэффициента вязкого трения на средних скоростях

На рис. 4 представлен график экспериментальной зависимости коэффициента вязкого трения μ в зависимости от изменения скорости v потока воды, построенный по данным табл. 2 и аппроксимированной гиперболической функцией со стандарт-

ным отклонением 0,0015818 и среднеквадратичной ошибкой 0,9368698 в виде уравнения

$$\mu = \frac{0,0086563}{v} - 0,0003841. \quad (3)$$

Таблица 2

Результаты определения коэффициента вязкого трения

№ опыта	Скорость перемещения v , м/с	Сила трения F_μ , Н	Коэффициент вязкого трения μ , Па*с
1	0,2653	1,3080	0,033
2	0,3097	1,3603	0,029
3	0,3539	1,1301	0,021
4	0,3910	1,1510	0,0197
5	0,4380	1,2557	0,0192
6	0,5000	1,3603	0,0182
7	0,5300	1,3080	0,0165
8	0,5700	1,2980	0,0153

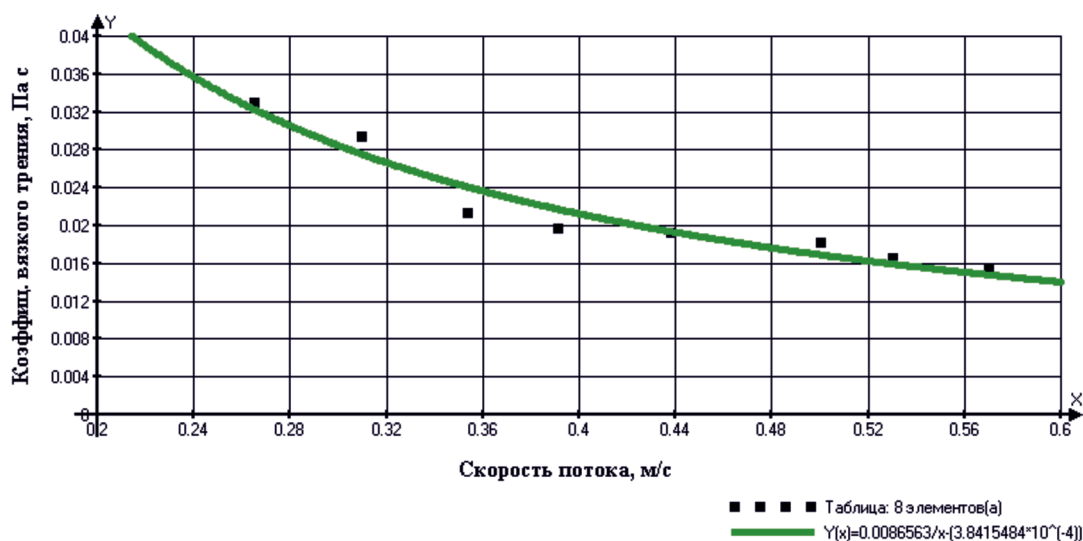


Рис. 4. График экспериментальной зависимости коэффициента вязкого трения от скорости потока воды от 0,2 м/с до 0,6 м/с

Таблица 3

Результаты определения коэффициента вязкого трения

№ опыта	Скорость перемещения v , м/с	Сила трения F_μ , Н	Коэффициент вязкого трения μ , Па*с
1	0,710	1,0464	0,0099
2	0,875	0,8894	0,0068
3	1,170	0,7850	0,0045
4	1,061	0,837	0,0053
5	2,3	0,59	0,00156
6	2,6	0,79	0,00185
7	3,46	1,09	0,00191
8	4,03	1,71	0,00242
9	4,61	1,82	0,00234

Далее были определены коэффициенты вязкого трения на более высоких скоростях. При этом использовался тот же экспериментальный стенд (рис. 3).

Эксперименты проводились аналогично описанным выше. В этом случае использова-

лась приводная звездочка с числом зубьев 28. Результаты экспериментального определения коэффициента вязкого трения при температуре воды 20 °С сведены в табл. 3.

На рис. 5 представлен график зависимости коэффициента вязкого трения от скорости,

построенный по данным табл. 3 и аппроксимированный степенной функцией со стандартным отклонением 0,000995 и среднеквадратичной ошибкой 0,7951 в виде уравнения

$$\mu = 0,0056514v^{-0,8202941}. \quad (4)$$

На рис. 6 представлен график экспериментальной зависимости коэффициента вязкого трения μ в зависимости от изменения скорости v потока воды, построенные по данным табл. 1, 2 и 3 и аппроксимированной степенной функцией со стандартным отклонением 0,00228983 и среднеквадратичной ошибкой 0,9127066 в виде уравнения

$$\mu = 0,0069693v^{-0,7902806}. \quad (5)$$

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования зависимости коэффициента вязкого трения от скорости потока воды позволили установить нелинейный характер этой зависимости. Следовательно, для анализа аналитических зависимостей для расчета дисковых гидротурбин целесообразно использовать эмпирическую зависимость (5), с учетом зависимости средней скорости потока воды в зазорах между дисками турбины [2], это выражение можно записать в виде

$$\mu = 0,007 \left(\frac{QR'(R-r)}{2hcR^2} \right)^{-0,8}. \quad (6)$$

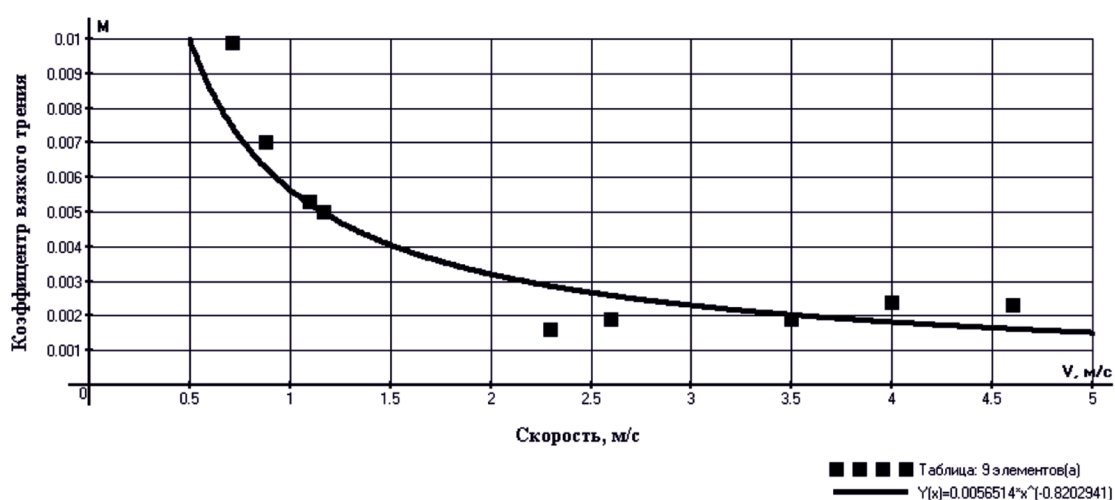


Рис. 5. График зависимости коэффициента вязкого трения от скорости потока воды

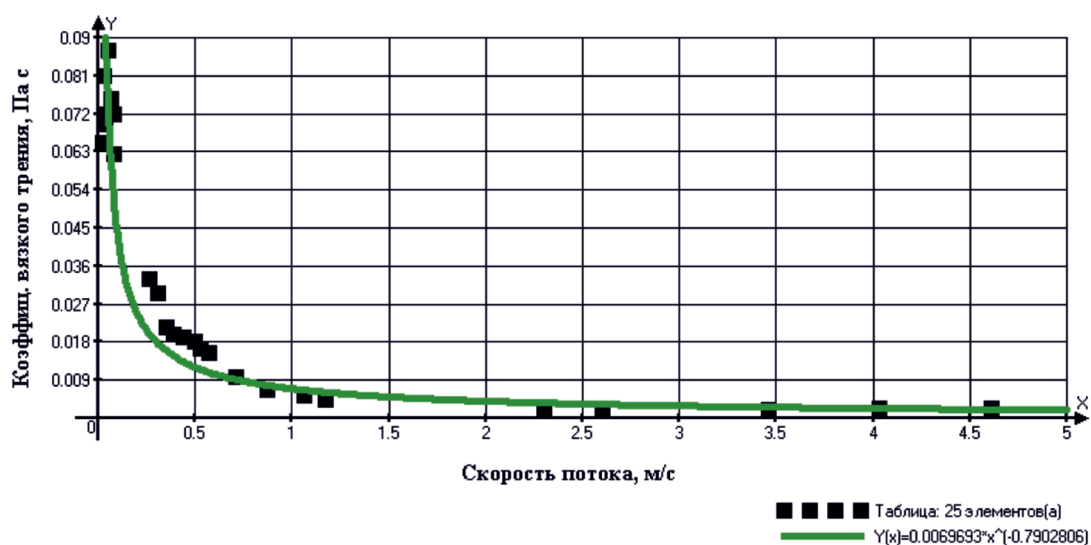


Рис. 6. График экспериментальной зависимости коэффициента вязкого трения от скорости потока воды

Для более узких реальных диапазонов изменения скорости потока жидкости (расхода) возможно применение других аппроксимирующих функций для анализа аналитических зависимостей расчета дисковых гидротурбин.

Выводы

Полученные эмпирические зависимости коэффициента вязкого трения в зависимости от скорости течения жидкости пригодны для расчета дисковых гидротурбин, в которых используются диски из алюминия.

Работа выполнена в рамках гранта Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (номер госрегистрации 0113РК00415).

Список литературы

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
2. Лысенко В.С. Анализ мощности дисковой гидротурбины // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 109–113; URL: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=10002516 (дата обращения: 22.09.2014).
3. Лысенко В.С., Сулейменов Б.Т. Мощность дисковой турбины в зависимости от сил вязкого трения. ВЕСТНИК КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки». – 2014. – № 1 (45). – С. 129–134.
4. Лысенко В.С., Сулейменов Б.Т. Мощность дисковой турбины от сил Кориолиса. ВЕСТНИК КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки». – 2014. – № 2 (45). – С. 133–138.
5. Лысенко В.С. Анализ влияния сил инерции на динамику дисковой турбины. Сборник научных трудов SWorld, 2013. – Том 7, Выпуск 3. – С. 61–65.

УДК 678.01; 678.072

РЕЦЕПТУРНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ

Мостовой А.С.*Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Энгельс, e-mail: Mostovoy19@rambler.ru*

Целью данной работы являлась разработка и исследование эпоксидных композиций, обладающих пониженной горючестью, высокой эластичностью и необходимыми механическими свойствами для различных отраслей промышленности. Представленные данные показывают возможность использования в качестве пластификаторов олеиновую кислоту, δ -хлорбутиловый эфир- β -хлорпропионовой кислоты и олигооксипропиленгликоль, обеспечивающие повышение ударных характеристик, прочности при изгибе, термостойкости и термостойкости материалов на основе эпоксидного олигомера. Методом ИК-спектроскопии доказано наличие химического взаимодействия между функциональными группами эпоксидного олигомера и всеми исследуемыми пластификаторами.

Ключевые слова: эпоксидные смолы, отверждение, пластификатор, модификация, эластические свойства, огнестойкость, физико-механические свойства

PRESCRIPTION MODIFICATION OF EPOXY RESIN USING NEW HIGH-PERFORMANCE PLASTICIZERS

Mostovoy A.S.*Engels Technological Institute of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
head of laboratory of Modern Methods of Research of Functional Materials and Systems,
Engels, e-mail: Mostovoy19@rambler.ru*

The aim of this work is the development and research of epoxy compositions having reduced flammability, high elasticity and mechanical properties required for various industries. These data was demonstrated the possibility of use as plasticizers: oleic acid, δ -chlorobutyl ether- β -chloropropionic acid and oligooxisipropilenglikol providing enhanced impact properties, bending strength, heat resistance and the heat resistance material based of epoxy oligomer. By IR spectroscopy proved the presence of the chemical interaction between the functional groups of the epoxy oligomer and all the studied plasticizers.

Keywords: epoxy resin, curing process, plasticizer, modification, elastic properties, fire resistance, physico-mechanical properties

Полимеры являются обязательными компонентами практически всех элементов изоляции электрических машин, аппаратов и кабельных изделий. Их широко применяют также для защиты изоляции от механических воздействий и агрессивных сред. Использование полимеров обуславливает возможность создания электрооборудования с высокими технико-экономическими характеристиками и повышенной эксплуатационной надежностью [2–10].

Электротехническая, автомобильная промышленности и радиоэлектроника – одни из крупнейших потребителей полимеров, в частности эпоксидных смол и компаундов на их основе [2–9].

Полимерные материалы на основе эпоксидных смол находят широкое применение при герметизации изделий электронной техники, при изоляции токоведущих частей деталей электротехнического назначения, для пропитки и заливки узлов в авиа-, судно- и автомобилестроении [2–10].

В связи с развитием технологии производства интегральных микросхем, узлов

деталей машин (модулей зажигания), созданием новых конструктивных элементов изменяются и требования к герметизирующим материалам. Разработка принципиально новых систем требует для своей реализации новых материалов, в том числе пропиточных и заливочных компаундов, что возможно осуществить модификацией существующих эпоксидных олигомеров. Целью модификации является: улучшение технологических свойств, снижение внутренних напряжений, горючести, повышение устойчивости к удару, эластичности и снижение усадки [2–9].

Автомобильная, электронная, электротехническая и другие отрасли промышленности предъявляют жесткие требования к полимерным композиционным материалам по таким показателям, как устойчивость к горению, необходимая эластичность и способность сохранять эксплуатационные свойства при циклическом воздействии температур [2–4, 6, 9].

Поэтому разработка методов направленного регулирования свойств эпоксидных

материалов путем модификации пластификаторами, эластификаторами и введением наполнителей приобретает особую значимость и актуальность [2–10].

Практически реализация этих исследований и разработок приведет к созданию эпоксидных компаундов с повышенным комплексом свойств, надежностью и долговечностью.

Целью данной работы является разработка и исследование эпоксидных композиций, обладающих пониженной горючестью, высокой эластичностью и необходимыми механическими свойствами для различных отраслей промышленности.

Модификация заключается в целенаправленном изменении структуры полимеров на различных уровнях и связанных с ней свойств.

Наиболее распространенным в литературе [2–10] является деление существующих методов модификации на три основные группы: химические, физико-химические и физические, которые, в свою очередь, подразделяются на:

- химические: изменение химического строения олигомера, варьирование типа отвердителя, введение реакционноспособных добавок;

- физико-химические: легирование, введение ПАВ, совмещение с инертными пластификаторами или разбавителями, растворимыми в олигомере, введение твердых нерастворимых высокодисперсных добавок (минеральных или органических наполнителей);

- физические: предварительная энергетическая обработка олигомера ультразвуком, вибрацией, токами высокой частоты, обработка систем в процессе отверждения.

Материалы и методы исследования

Разрабатывались составы на основе эпоксидной диановой смолы марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-93). В качестве отвердителя эпоксидного олигомера применялся отвердитель аминного типа – полиэтиленполиамин (ПЭПА) (ТУ 6-02-594-85), способный формировать трехмерную сетчатую структуру в отсутствие нагрева.

Для пластификации эпоксидных композитов в работе использовали:

1. Олеиновую кислоту (ОК) (ТУ 9145-172-4731297-94), содержащую в молекуле только одну ненасыщенную связь. Олеиновая кислота, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ – мононенасыщенная жирная кислота, относится к группе Омега-9 ненасыщенным жирным кислотам. По физическим свойствам олеиновая кислота представляет собой бесцветную вязкую жидкость с температурой плавления от 13,4 до 16,3 °С в зависимости от модификации, температурой кипения 286 °С и плотностью 0,895 г/см³. Олеиновая кислота растворяется в органических растворителях, но нерастворима в воде. Олеиновая кислота является наиболее распространенной

в природе ненасыщенной жирной кислотой и содержится во многих растительных и животных жирах в виде сложных эфиров – глицеридов. Она содержится в подсолнечном и оливковом масле, в говяжьем и свином жире. Олеиновую кислоту и ее производные применяют в качестве компонентов моющих средств, лаков, олиф, эмульгаторов, как пластификаторы [1].

2. Олигооксипропиленгликоль (ООПГ) – представляет собой прозрачную вязкую жидкость, с плотностью 1014 кг/м³, молекулярной массой 840–960 г/моль и динамической вязкостью 4–5 Па*с, выбор этого соединения связан с возможностью его химического взаимодействия с эпоксидным олигомером, обеспечивающим повышение свойств композита;

3. δ-хлорбутиловый эфир-β-хлорпропионовой кислоты (ХБЭХПК). Выбор этого соединения обусловлен наличием в его составе ингибитора горения – хлора (Cl). Образующийся при пиролизе композиций хлор, попадая в газовую фазу, разбавляет горючие газы, снижая концентрационный предел воспламенения [2–4, 6].

В работе исследования выполнены с применением следующих методов:

- определение разрушающего напряжения при изгибе [ГОСТ 4648-71];

- определение ударной вязкости [ГОСТ 4647-80];

- определение твердости по Бринеллю [ГОСТ 4670-91];

- определение теплостойкости по Вика [ГОСТ 15088-83];

- определение потери массы образца при поджигании на воздухе (метод «Огневой трубы») [ГОСТ 21793-76];

- химическое взаимодействие компонентов оценивали методом инфракрасной спектроскопии (ИКС) на ИК-Фурье спектрометре «IRTacer-100» фирмы Shimadzu. Исследования проводили в области длин волн 500–4000 см⁻¹;

- определение интенсивности колебания ИК-спектров определяли с помощью программного обеспечения «LabSolutionsIR» фирмы Shimadzu;

- изменение массы, скорости изменения массы и величин тепловых эффектов при нагреве образцов изучалось с применением метода термогравиметрического анализа с использованием дериватографа системы «Паулик – Паулик – Эрдей» фирмы MOM марки Q-1500D, [ГОСТ 29127-91].

Результаты исследования и их обсуждение

При выборе пластификаторов оценивали их влияние на свойства эпоксидного композита (табл. 1). В исследованиях количество вводимого пластификатора изменялось от 10 до 20 масс.ч.

Выбор количества вводимых пластификаторов проводили по показателям устойчивости к статическому изгибу и ударной вязкости, как наиболее полно отражающим влияние пластификаторов на эластические свойства композиций.

По данным критериям выбора, рациональным является содержание всех пластификаторов в количестве 15 масс.ч. (табл. 1), так как при этом достигаются максимальные значения исследуемых свойств.

Таблица 1

Влияние пластификаторов на свойства эпоксидного полимера

Состав композиции, масс.ч., отвержденной 15 масс.ч. ПЭПА	$G_{из}$, МПа	$a_{уд}$, кДж/м ²	H_v , МПа	T_v , °C	X, %
100ЭД-20	17	3	225	86	98
100ЭД-20+10ОК	92	13	209	148	98
100ЭД-20+15ОК	105	17	165	140	97
100ЭД-20+20ОК	68	10	135	138	93
100ЭД-20+10ХБЭХПК	83	8	190	124	92
100ЭД-20+15ХБЭХПК	91	10	150	112	90
100ЭД-20+20ХБЭХПК	60	6	135	100	88
100ЭД-20+10ООПГ	48	7	175	160	98
100ЭД-20+15ООПГ	68	10	160	162	96
100ЭД-20+20ООПГ	53	5	140	164	93

Примечание. $G_{из}$ – разрушающее напряжение при изгибе; $a_{уд}$ – ударная вязкость; H_v – твердость по Бринеллю; T_v – теплостойкость по Вика; X – степень отверждения; коэффициент вариации по свойствам 4–5 %.

При дальнейшем увеличении содержания пластификаторов снижается устойчивость композитов к изгибающим и ударным нагрузкам, а также происходит их миграция на поверхность отвержденного образца.

Анализ физико-механических свойств показывает, что введение 15 масс.ч. ОК, ХБЭХПК или ООПГ повышает в 4–6 раз устойчивость эпоксидного композита к изгибающим нагрузкам и в 3–5 раз – устойчивость к удару (табл. 1).

Представленные данные показывают возможность использования ОК, ХБЭХПК и ООПГ для повышения ударных характеристик и прочности при изгибе материалов на основе эпоксидного олигомера.

Из представленных в табл. 1 данных видно, что наиболее эффективным пластификатором для эпоксидного полимера является ОК, так как при ее введении достигаются максимальные значения разрушающего напряжения при изгибе и ударной вязкости.

Из табл. 1 видно, что добавление всех пластификаторов незначительно снижает степень отверждения, при этом наблюдается также снижение твердости композитов на основе эпоксидной смолы.

По-видимому, при введении пластификаторов в эпоксидный полимер происходит увеличение расстояния между реакционными центрами, что и приводит к снижению степени отверждения и твердости композиций.

Наличие химического взаимодействия между функциональными группами пластификаторов и эпоксидного олигомера доказано методом ИК-спектроскопии (рисунок). В ИК-спектрах составов, содержащих 15 масс.ч. ОК в отсутствие отвердителя

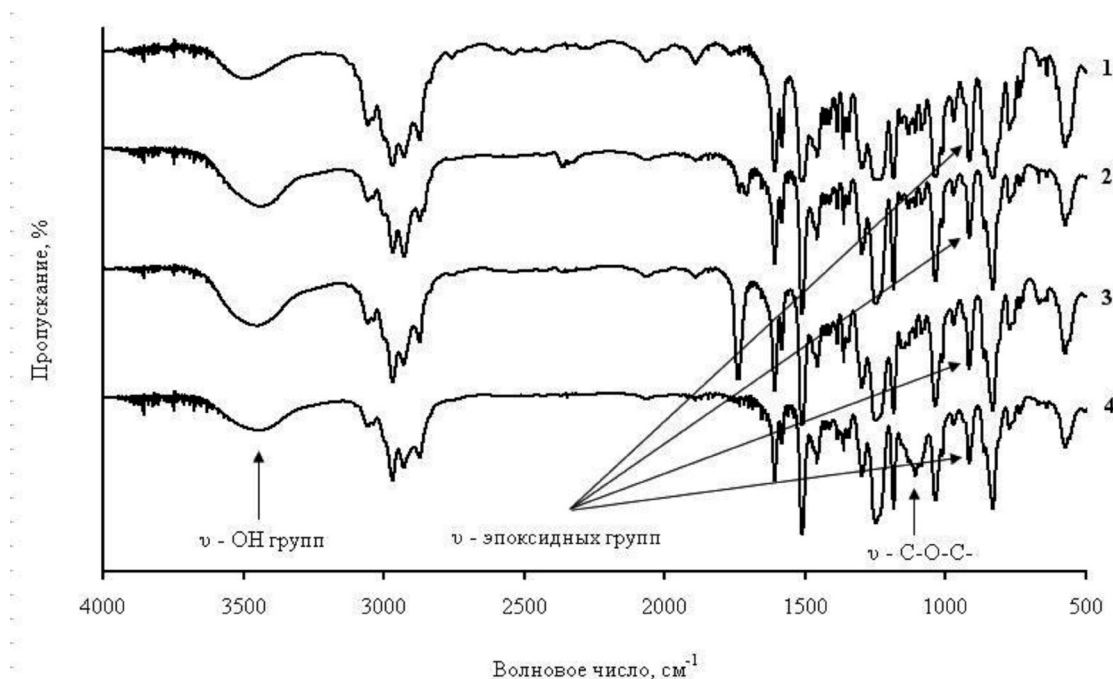
(рисунок, кр. 2), сокращается (на 54 %) пик колебания эпоксидных групп (при 910 см⁻¹) и увеличивается (на 25 %) пик колебания гидроксильных групп (при 3470 см⁻¹), образующихся при раскрытии эпоксидного цикла, что доказывает наличие химического взаимодействия между компонентами.

В ИК-спектрах составов, содержащих 15 масс.ч. ХБЭХПК в отсутствие отвердителя (рисунок, кр. 3), сокращается (на 44 %) пик колебания эпоксидных групп (при 910 см⁻¹) и увеличивается (на 28 %) пик колебания гидроксильных групп (при 3470 см⁻¹), образующихся при раскрытии эпоксидного цикла, что доказывает наличие химического взаимодействия между компонентами.

В ИК-спектрах эпоксидных составов, содержащих 15 масс.ч. ООПГ в отсутствие отвердителя (рисунок, кр. 4), сокращается (на 56 %) пик колебания эпоксидных групп (при 910 см⁻¹), образуется (при 1110 см⁻¹) пик, соответствующий колебаниям -C-O-C- связи, отсутствующий в спектре эпоксидного олигомера и увеличивается (на 15 %) пик колебания гидроксильных групп (при 3470 см⁻¹), образующихся при раскрытии эпоксидного цикла, что доказывает наличие химического взаимодействия между компонентами (рисунок).

Также доказательством наличия химического взаимодействия служит высокая степень отверждения композиций после введения отвердителя, составляющая 97, 96 и 90 %, при содержании ОК, ООПГ и ХБЭХПК, соответственно, в количестве 15 масс.ч. (табл. 1).

Введение ХБЭХПК, ОК и ООПГ в эпоксидный олигомер приводит к значительному, на 44, 60 и 100 %, соответственно, повышению теплостойкости по Вика (табл. 1).



ИК-спектры образцов: 1 – ЭД-20; 2 – 100ЭД-20+15ОК; 3 – 100ЭД-20+15ХБЭХПК; 100ЭД-20+15ООПГ

Таблица 2
Физико-химические свойства эпоксидных композитов

Состав композиции, масс.ч., отвержденной 15 масс.ч. ПЭПА	Начальная температура пиролиза, °С	Температурный интервал пиролиза, °С	Выход карбонизованных структур при T_k , % масс.	Потери массы при поджигании на воздухе, %
100ЭД-20	200	200-390	40 (390 °С)	78
100ЭД-20+15ООПГ	240	240-410	59 (410 °С)	40
100ЭД-20+15ХБЭХПК	245	245-370	58 (370 °С)	27
100ЭД-20+15ОК	260	260-410	65 (410 °С)	37

Примечание. T_k – конечная температура основной стадии пиролиза.

По данным термогравиметрического анализа, введение в эпоксидный полимер ОК, ХБЭХПК и ООПГ повышает его термостойкость, что проявляется в смещении начальной температуры деструкции композиций в область более высоких температур (табл. 2).

Наиболее эффективным соединением, снижающим горючесть эпоксидного полимера, является ХБЭХПК. Увеличение выхода карбонизованных структур при введении в эпоксидный состав ХБЭХПК (табл. 2), приводит к уменьшению выделения летучих продуктов пиролиза в газовую фазу, а также образующихся при пиролизе композиций, содержащих ХБЭХПК, хлор, попадая в газовую фазу, разбавляет горючие газы, снижая концентрационный предел воспламенения, что в целом обеспе-

чивает снижение горючесть эпоксидного композита, которое проявляется в снижении потери массы при поджигании на воздухе с 78 до 27 % (табл. 2).

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что применение ОК, ХБЭХПК и ООПГ в качестве пластификатора для эпоксидного полимера является эффективным способом для создания композиций с улучшенными физико-механическими свойствами, повышенной термо- и теплостойкостью. Наиболее эффективным соединением, снижающим горючесть эпоксидного полимера, является ХБЭХПК, обеспечивая снижение потерь массы при поджигании на воздухе с 78 до 27 %.

Список литературы

1. Дмитренко А.И. Исследование свойств древесины, обработанной олеиновой кислотой, с использованием методов оптимизации эксперимента / А.И. Дмитренко, С.С. Никулин, А.С. Грачева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – № 2–1. – С. 322–327.
2. Мостовой А.С. Исследование процессов при пиролизе и горении модифицированных эпоксидных полимеров / А.С. Мостовой, Л.Г. Панова, А.А. Санукова, Е.В. Плакунова // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 8. – С. 17–21.
3. Мостовой А.С. Разработка огнестойких эпоксидных композиций и исследование их структуры и свойств / А.С. Мостовой, Е.В. Плакунова, Л.Г. Панова // Перспективные материалы. – 2014. – № 1. – С. 37–43.
4. Мостовой А.С. Разработка составов и исследование свойств пожаробезопасных эпоксидных компаундов / А.С. Мостовой, Е.В. Плакунова, Л.Г. Панова // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. – № 5 (25). – С. 135–137.
5. Осипов П.В., Осипчик В.С., Смотров С.А., Савельев Д.Н. Регулирование свойств наполненных эпоксидных олигомеров // Пластические массы. – 2011. – № 4 – С. 3–5.
6. Плакунова Е.В. Структура и свойства эпоксидных термореактопластов / Е.В. Плакунова, Е.А. Татаринцева, А.С. Мостовой, Л.Г. Панова // Перспективные материалы. – 2013. – № 3. – С. 57–62.
7. Садыгов Ш.Ф., Ищенко Н.Я., Агаева С.А. Модификация ЭД-20 глицидными эфирами некоторых бензойных кислот // Пластические массы. – 2008. – № 3. – С. 24–26.
8. Федосеев М.С., Державинская Л.Ф., Цветков Р.В. Термомеханические и адгезионные свойства полимерных материалов, полученных отверждением модифицированной эпоксидной смолы // Перспективные материалы. – 2014. – № 4. – С. 30–36.
9. Ширшова Е.С. Изучение влияния модификаторов на свойства эпоксидных композиций / Е.С. Ширшова, Е.А. Татаринцева, Е.В. Плакунова, Л.Г. Панова // Пластические массы. – 2006. – № 12. – С. 34–36.
10. Rahul Kumara, Kausik Kumarb, Prasanta Sahooc, Sumit Bhowmika. Study of mechanical properties of wood dust reinforced epoxy composite // Procedia Materials Science. – 2014. – № 6. – P. 551–556.

УДК 621.7.018.1

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ

¹Саитов А.В., ²Васильевых С.Л., ³Саитов В.Е.

¹ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Киров;

²ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров;

³ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», Киров, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

В статье рассматривается новое направление интенсификации процессов механической обработки деталей, обладающих малой жесткостью, позволяющее решить рассматриваемую задачу путем осуществления процессов в ранее считавшейся недоступной области механообработки, распространяющейся за предел упругости обрабатываемого материала. Разработанные математические и графические модели процесса интенсивной токарной обработки деталей малой жесткости представлены в научных изданиях авторов. Эти работы рассчитаны на широкий круг инженеров-технологов и инженеров-конструкторов машиностроительных специальностей, а также могут быть использованы бакалаврами механических специальностей при изучении предметов, касающихся теории и практики токарной обработки деталей, магистрами и аспирантами при выполнении научной работы.

Ключевые слова: предел упругости, детали малой жесткости, токарная обработка, математические и графические модели процесса формообразования детали

INTENSIFICATION TURNING NONRIGID SHAFTS

¹Saitov A.V., ²Vasilievych S.L., ³Saitov V.E.

¹Vyatka State Agricultural Academy, Kirov;

²Vyatka State University, Kirov;

³Agricultural Research Institute of the North-East, Kirov,

e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

The article deals with a new trend of intensification of processes of machining parts that have low rigidity, allowing to solve our problem by implementing processes previously considered inaccessible area of machining, extends beyond the elastic limit of the material being processed. The developed mathematical model of the process and graphic intensive turning parts of low stiffness are presented in scientific journals authors. These activities are designed for a wide range of engineers and design engineers engineering specialties, and can also be used by students of mechanical specialties in the study of subjects relating to the theory and practice of turning parts, Masters and PhD students in carrying out scientific work.

Keywords: limit to bounce, detail to small acerbity, turning processing, mathematical and graphic models of the process of the fabrication of the detail

Среди большого многообразия деталей машин свыше 30% занимают детали по форме тел вращения. Такие детали условно делят на три типа в зависимости от соотношения длины L к наибольшему наружному диаметру D . При $L/D > 1$ это валы, оси, шпиндели, штоки, гильзы, стержни, стволы и т. п.; при $2 > L/D > 0,5$ включительно – втулки, стаканы, пальцы, барабаны и др., при $L/D < 0,5$ включительно – диски, кольца, фланцы, шкивы и т.п. Наиболее трудоемкими из них при изготовлении являются детали, обладающие малой жесткостью, особенно нежесткие валы.

К нежестким относятся валы, собственная податливость которых значительно превышает податливость технологической системы. Отношение длины L к диаметру D таких валов более 12 ($L/D > 12$). Ввиду малой жесткости обрабатываемого нежесткого вала технологическая система СПИЗ (станок-приспособление-инструмент-заготовка) оказывается податливой к действию внешних поперечных сил и динамических факторов, сопутствующих процессу реза-

ния. В связи с этим обработка таких деталей связана со значительными трудностями, обусловливаемыми деформацией обрабатываемой детали под действием усилия резания, а также возникновением вибрации детали в процессе обработки, которые бывают настолько интенсивными, что на практике вынуждают существенно снижать режим резания, прибегать к многопроходной обработке, приводят к снижению стойкости и долговечности режущего инструмента. Возникновение вибрации крайне нежелательно при чистовой обработке, когда резание происходит на малых глубинах, и нарушение без вибрационного движения детали и резца в зоне резания может привести к браку детали. Все это в конечном итоге приводит к резкому снижению производительности труда [9, 10].

Решение задачи интенсификации механической обработки деталей резанием

Повышение эффективности обработки нежестких валов, главным образом зави-

сит от обеспечения устойчивости их обработки. Определение устойчивости часто проводится на основе опыта технолога. Существующие технологические методы определения устойчивости не обеспечивают необходимой точности. Успех в решении данной научной задачи, заключающийся в повышении точности и производительности токарной обработки нежестких валов, наряду с традиционными способами в значительной степени предопределяется наличием адекватных математических моделей, способных описать взаимосвязь колебаний упругой системы станка и динамического процесса резания.

Решения этой научной задачи представлены в работах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8] и имеют прикладной характер, направлены на конкретное решение рассматриваемой проблемы – интенсификацию механической обработки деталей малой жесткости, которая рассматривается применительно к одному из наиболее широко распространенных видов механообработки – процессу токарной обработки.

В монографии [1] представлено научное исследование виброустойчивости динамической системы СПИЗ и процесса интенсивного точения нежестких валов при различном технологическом оснащении методом Д-разбиения с экспериментальным определением параметров эквивалентной упругой системы (ЭУС) и динамических характеристик резания (ДХР-I, II). Разработаны математические модели для расчета устойчивости системы СПИЗ и устойчивости процесса точения нежестких валов с различным комплексным технологическим оснащением. В настоящем исследовании обрабатываемая деталь рассматривается как объект, работающий в сложных динамических условиях, когда в отдельных ее локальных зонах возникает напряжение, превышающее предел упругости материала, но основная часть обрабатываемого тела остается упругой.

В книге [2] изложены основы теории формообразования деталей малой жесткости при интенсивном процессе обработки. При этом задачу интенсификации процессов механообработки не следует рассматривать с позиции снятия больших стружек, незаконным расходом металла и энергии и т.д. Напротив, целью интенсификации должно быть достижение заданных требований к точности детали на высоком режиме резания при съеме минимального припуска на обработку.

Последнее в значительной мере как раз и способствует интенсивному выполнению процесса обработки. Именно с этих позиций рассматривается проблема интенсификации в предлагаемом вниманию специалистов исследовании. Поскольку производственные условия зачастую характеризуются нестабильностью, достаточно подробно рассматривается также деформированное состояние обрабатываемой детали, распространяющееся за предел упругости обрабатываемого материала, и приводятся соответствующие рекомендации по назначению условий обработки, исключающих возникновение критического состояния и вместе с тем обеспечивающих заданные требования к точности детали.

В работе [3] представлено научное исследование комплексного технологического оснащения интенсивного процесса обработки деталей малой жесткости, включающее новые эффективные способы и средства для снижения упругих и пластических (остаточных) деформаций обрабатываемой детали. Рассматривается обрабатывающая система с числовым программным управлением (ЧПУ) для токарной обработки, средства прецизионной настройки и корректирования в процессе обработки положения элементов системы СПИЗ, средства для снижения автоколебаний и стружкодробления, прогрессивный режущий инструмент, что позволяет более эффективно управлять механизмом формообразования обрабатываемой детали и путем интенсификации рассматриваемого процесса обеспечить многократное (в 2–3 раза) повышение производительности труда при одновременном повышении точности обработки деталей малой жесткости.

Заключение

Таким образом, исследования, направленные на формообразование деталей малой жесткости за пределом упругости, виброустойчивости продольного точения нежестких валов и средств оснастки для снижения деформаций нежестких валов рассчитаны на широкий круг инженеров-технологов и инженеров-конструкторов машиностроительных специальностей, а также могут быть использованы бакалаврами механических специальностей при изучении предметов, касающихся теории и практики токарной обработки деталей, магистрами и аспирантами при выполнении научной работы по интенсификации токарной обработки различных деталей.

Список литературы

1. Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Исследование виброустойчивости продольного течения нежестких валов: монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 96 с.
2. Васильевых Л.С., Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Исследование формообразования нежестких валов за пределом упругости: монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 172 с.
3. Васильевых Л.С., Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Исследование средств оснастки для снижения деформаций нежестких валов: монография. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 152 с.
4. Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Исследование виброустойчивости продольного течения нежестких валов // Международный журнал экспериментального образования: Материалы XV Всероссийской выставки-презентации учебно-методических изданий из серии «Золотой фонд отечественной науки». – 2012. – № 11. – С. 29–30.
5. Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Особенности обработки нежестких валов // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 11. – С. 67–68.
6. Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Специфика обработки нежестких валов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 4. – С. 131–132.
7. Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Формообразование деталей малой жесткости за пределом упругости // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 5 (часть 1). – С. 9–11.
8. Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Технологические средства для обеспечения виброустойчивости процесса точения нежестких валов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 3. – С. 7–11.
9. Подпоркин В.Г. Обработка нежестких деталей. – М.: Машгиз, 1959. – 208 с.
10. Соколовский А.П. Жесткость в технологии машиностроения. – М.: Машгиз, 1956. – 207 с.

УДК 678.762.2

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС ВЫДЕЛЕНИЯ КАУЧУКА ИЗ ЛАТЕКСА

¹Шульгина Ю.Е., ²Никулина Н.С., ¹Никулин С.С.¹Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж;²Воронежский институт ГПС МЧС России, Воронеж, e-mail: prostoyulianna@mail.ru

Тенденции современного общества направлены на развитие научных знаний и внедрение новых технологий во все сферы жизни. Это относится и к промышленности синтетического каучука. Однако, несмотря на внедрение ряда новых разработок у действующих производств, сохраняются недостатки, к которым можно отнести наличие твердых отходов, водных сбросов и воздушных выбросов. В целях повышения эффективности процесса, снижения экономических затрат и повышения качества получаемой продукции целесообразно применение физических полей и акустических колебаний в технологическом процессе выделения каучуков из латексов. Исследовано влияние ультразвука и магнитного поля на процесс выделения бутадиен-стирольного каучука из латекса СК-30 АРК в присутствии катионного электролита поли-N,N-диметил-N,N-диаллиламмоний хлорида. Показано снижение расхода коагулирующего агента при ультразвуковой и магнитной обработке. Применение в качестве коагулянта четвертичной соли аммония позволяет снизить попадание компонентов эмульсионной системы в сточные воды, что приводит к уменьшению загрязнения окружающей среды. Все полученные образцы соответствуют предъявляемым требованиям.

Ключевые слова: ультразвук, магнитное поле, бутадиен-стирольный латекс, коагуляция, катионный полиэлектролит

THE INFLUENCE OF ULTRASOUND AND MAGNETIC FIELD ON THE PROCESS OF ALLOCATING RUBBER FROM LATEX

¹Shulgina Y.E., ²Nikulina N.S., ¹Nikulin S.S.¹Voronezhsky State University of Engineering Technology, Voronezh;²Voronezh Institute of state fire service of Emerson of Russia, Voronezh, e-mail: prostoyulianna@mail.ru

Trends in modern society are aimed at developing scientific knowledge and new technologies in all spheres of life. This also applies to the synthetic rubber industry. However, despite the introduction of a number of new developments at existing plants, preserved deficiencies, which include the provision of solid waste, water discharges and air emissions. In order to improve process efficiency, reduce economic costs and improve the quality of the products it is appropriate to use natural fields and acoustic oscillations in the process of selection of rubber latex. The effect of the ultrasound and the magnetic field on the separation of styrene butadiene rubber latex SCS 30 ARC in the presence of a cationic poly electrolyte-N, N-dimethyl-N, N-diallilammony chloride. It showed a decrease in the flow of the coagulating agent in ultrasonic and magnetic treatment. Use as a quaternary ammonium salt coagulant reduces ingress of emulsion components in the sewage system, resulting in reduced environmental pollution. All the samples meet the requirements.

Keywords: ultrasound, magnetic field, styrene-butadiene latex, coagulation, a cationic polyelectrolyte

Тенденции современного общества направлены на развитие научных знаний и внедрение новых технологий во все сферы жизни. Это относится и к промышленности синтетического каучука, где происходит модернизация аппаратного оформления, методов управления, контроля технологическими процессами и др.

Однако, несмотря на внедрение ряда новых разработок у действующих производств, сохраняются недостатки, к которым можно отнести наличие твердых отходов, водных сбросов и воздушных выбросов.

Поэтому и на современном уровне развития существующей промышленности требуется дальнейшее развитие и совершенствование существующих технологий.

В целях повышения эффективности процесса, снижения экономических затрат и повышения качества получаемой продукции целесообразно применение физических

полей и акустических колебаний в технологическом процессе выделения каучуков из латексов.

Ультразвук применяется для диспергирования наполнителя в полимерной композиции, для увеличения скорости полимеризации стирола, используется для очистки изделий от различных загрязнений, находит широкое применение в фармации [1-3]. Исследователи [4] подвергали латекс СК-30 АРК ультразвуковому воздействию с помощью генератора марки УЗГ 13-0.1/22. Наблюдалось снижение поверхностного натяжения и увеличение радиуса латексных частиц.

Положительные результаты были получены при использовании магнитных полей для повышения прочностных показателей клеевого соединения [5]. В статьях [6, 7] исследовали влияние магнитной обработки на процесс коагуляции латекса СК-30

АРК перед введением в него водных растворов коагулирующих агентов. Данное воздействие позволило снизить расход коагулирующих агентов диметилдиаллиламмоний хлорида и поли-N,N-диметил-N,N-диаллиламмоний хлорида в 1,5–2 раза.

В работе исследуется влияние ультразвука и магнитного поля на процесс выделения каучука из латекса СКС-30 АРК в присутствии сополимера N,N-диметил-N,N-диаллиламмонийхлорида с SO₂ (ВПК-10).

Внимание к использованию данного коагулянта базируется на том, что он может взаимодействовать с компонентами эмульсионной системы (мыла канифоли, таллового масла, сульфокислот, лейконом) с образованием нерастворимых комплексов, которые захватываются образующейся крошкой каучука и не сбрасываются со сточными водами на очистные сооружения [8]. Однако высокая стоимость данного вещества сдерживает его применение в широких масштабах.

Материалы и методы исследования

В процессе изучения коагуляции использовали промышленный каучуковый бутадиен-стирольный латекс СКС-30 АРК (ТУ 38.40355-99), характеристика исследуемого образца представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1
Характеристика бутадиен-стирольного латекса СКС-30 АРК

Наименование показателя	Значение
Сухой остаток, %	20,4
Содержание связанного стирола, %	22,7
Поверхностное натяжение, мН/м	65,3
Диаметр латексных частиц, нм	55

Латекс перед смещением с коагулирующими агентами подвергали физической обработке (ультразвуком или магнитным полем).

Ультразвуковую обработку производили с помощью ультразвуковой ванны марки NETTYQ-9030. Кювету с латексом помещали в ультразвуковую ванну, наполненную водой, и проводили обработку в течение 5–15 минут при мощности 30 Вт.

Магнитную обработку проводили с помощью установки, описанной в статье [6]. Латекс, находящийся в предварительно подготовленной стеклянной кювете размером 15х30х50 мм (определяемой конструктивными особенностями установки) подвергали обработке магнитным полем различной интенсивности в течение 1, 5, 15, 25 минут. Основным элементом установки является электромагнитный индуктор, выполненный в переносном варианте. Величина применяемого напряжения магнитного поля $11 \cdot 10^4$ А/м.

После ультразвуковой или магнитной обработки проводили коагуляцию путем введения заданных количеств ~ 2,0% водного раствора ВПК-10 по методике, описанной в работе [9]. Процесс коагуляции проводили при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$. После введения в латекс расчетного количества ВПК-10 его перемешивали в течение ~ 2 минут и вводили раствор серной кислоты (концентрация ~ 2,0%) до pH среды 2,5–3,0. Перемешивание продолжали дополнительно в течение 2–3 минут, после чего извлекали образовавшуюся крошку каучука из водной фазы (серум), измельчали, промывали дистиллированной водой и сушили в термостате при температуре 80–85 °С до постоянной массы.

Полноту коагуляции (выделения каучука) оценивали визуально – по прозрачности серума и гравиметрически – по массе образующейся крошки каучука.

Среднюю молекулярную массу полимеров определяли вискозиметрическим методом, а также методом гель-проникающей хроматографии на приборе ВЭЖХ системы Knauer серии Smartline (детектор-рефрактометр).

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что обработка латекса ультразвуком перед введением коагулянтов и серной кислоты приводит к снижению расхода ВПК-10 с 3,5–4,0 до 1,7–3,0 кг/т каучука, аналогичные зависимости получены и с применением магнитной обработки. Результаты представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2
Результаты эксперимента коагуляции латекса СКС-30 АРК

Расход на коагуляцию, кг/т каучука	Ультразвуковая обработка			Магнитная обработка		
	Выход коагулюма по массе, %			Выход коагулюма по массе, %		
	Время обработки			Время обработки		
	0	5	15	0	5	15
0,5	26	24	32	26	54	50
1	42	44	45	42	67	77
1,5	63	85	88	63	79	85
2	83	96	97	86	95	95
3	92	97	97	93	96	96
4	97	96	98	97	98	97

Продолжительность обработки латекса ультразвуком в течение пяти минут и более приводит к полному выделению каучука из латекса при меньшем расходе коагулянтов, чем при отсутствии физической обработки.

Это может быть объяснено тем, что в процессе ультразвуковой обработки происходит частичная десорбция стабилизатора с поверхности латексных частиц в водную фазу латексной системы. Это приводит к снижению заряда [16??] и толщины адсорбционного защитного слоя, что неизбежно приводит к слипанию латексных глобул по гидрофобизированным участкам на поверхности частиц, из-за уменьшения количества ПАВ на части их поверхности. Вследствие этого происходит частичная агломерация латексных глобул, что облегчает коагулирующее воздействие полимерного электролита и серной кислоты. Благодаря этому уменьшается расход коагулируемой системы на выделение каучука.

При этом имеет место эффект, связанный с интенсивным относительным движением латексных частиц под ультразвуковым воздействием.

Также происходит усиление процесса коагуляции за счет мостикообразования, свойственного полимерным флокулянтам.

Важным с практической точки зрения является и то, что обработка латекса магнитным полем не оказывает существенного влияния на молекулярную массу выделяемого каучука (табл. 3).

Таблица 3
Молекулярно-массовая характеристика
бутадиен-стирольного каучука СКС-30 АРК

Показатель	Среднечисловая молекулярная масса каучука СКС-30 АРК, Мп
Без обработки	87000
После ультразвуковой обработки	86000
После магнитной обработки	89500

Приготовленные из выделенной крошки каучука резиновые смеси после вулканизации подвергали физико-механическим испытаниям (ТУ 38.40355-99). Все полученные образцы соответствуют предъявляемым требованиям.

Выводы

1. Применение в качестве коагулянта ВПК-10 позволяет снизить попадание компонентов эмульсионной системы в сточные воды, что приводит к уменьшению загрязнения окружающей среды.

2. Обработка бутадиен-стирольного латекса ультразвуком в течение пяти минут и более позволяет снизить расход ВПК-10 с 3,5–4,0 до 1,7–3,0 кг/т каучука; аналогичные зависимости получены и с применением магнитной обработки.

3. Обработка ультразвуком и магнитным полем не оказывает влияния на молекулярную массу выделяемого каучука.

4. Все полученные образцы соответствуют предъявляемым требованиям.

Список литературы

1. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука. – М.: Высшая школа. 1987. – 352 с.
2. Келлер О.К. Кротыш Г.С., Лубяницкий Г.Д. Ультразвуковая очистка. – Л.: Машиностроение, 1977. – 325 с.
3. Молчанов Г.И. Ультразвук в фармации. – М.: Медицина, 1980. – 176 с.
4. Никулин С.С., Шульгина Ю.Е., Пояркова Т.Н. // ЖПХ. – 2014. – Т. 87, № 7. – С. 974–979.
5. Никулин С.С., Шульгина Ю.Е., Пояркова Т.Н. // ЖПХ. – 2014. – Т. 87, № 11. – С. 89–92.
6. Никулин С.С., Вережников В.Н. Применение азотсодержащих соединений для выделения синтетических каучуков из латексов // Химическая промышленность сегодня. – 2004. – № 4. – С. 26–37.
7. Останкова И.В., Вережников В.Н., Корчагин В.И., Протасов А.В. // Материалы научно-практической конференции «Проблемы и инновационные решения в химической технологии» «ПИРХТ». – Воронеж, ООО «Издательство», 2013. – С. 278–280.
8. Пат. 2439115 РФ, МПК C09J5/00. (2011). Способ склеивания древесных материалов.
9. Пояркова Т.Н., Никулин С.С., Пугачева И.Н., Кудрина Г.В., Филимонова О.Н. Практикум по коллоидной химии латексов. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2011. – 124 с.

УДК 338.001.36: 330.47

ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Илюхина Н.А., Комаревцева О.О.

Орловский филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», Орел, e-mail: ilyukhina.orel@mail.ru

Данная статья посвящена дискретно-событийному моделированию экономических систем муниципального образования. В качестве инструмента предлагается использовать программу имитационного моделирования. При этом основными мероприятиями по построению базисной модели управления изменениями в экономических системах муниципального образования г. Орел выступают определение фиксированных констант; перевод качественных переменных в количественные на основе анкетирования; расчет коэффициента корреляции по формуле Пирсона.

Ключевые слова: дискретно-событийное моделирование, экономические системы, управление изменениями, муниципальное образование

DISCRET EVENT SIMULATION IN ECONOMIC SYSTEMS MANAGEMENT MUNICIPALITY

Ilyukhina N.A., Komarevtseva O.O.

Russian Academy of National Economy and Public Administration Orel, e-mail: ilyukhina.orel@mail.ru

This article focuses on Discrete event simulation of economic systems of the municipality. As the tool is offered to use simulation program. At the same time, the main activities to build a basic model of management changes in the economic systems of the municipality Orel perform certain fixed constants; translation of qualitative variables into quantitative, based on a survey; calculation of the correlation coefficient using the formula Pearson.

Keywords: discrete event simulation, economic systems, change management, municipality

Дискретно-событийное моделирование представляет собой процесс формирования имитационной модели на основе последовательности операционных действий для точного построения динамической системы, позволяющей выявить все внешние и внутренние факторы, оказывающие влияние на ее функционирование. Основой дискретно-событийного моделирования является последовательная хронологическая разработка системы на основе процессных элементов, отраженных временными рамками (лагами). По нашему мнению, применение данного вида моделирования в управлении изменениями муниципального образования позволит определить степень наибольшего влияния различных факторов на функционирование экономических систем муниципального образования, а также понять, как наиболее эффективно организовать процесс управления.

Целью исследования является построение базисной дискретно-событийной модели для управления экономическими системами в муниципальном образовании городе Орел.

Основными методами исследования выступают графический, статистический и имитационный.

Дискретно-событийное моделирование осуществим посредством динамической программы имитационного моделирования AnyLogic. Программа имитационного моделирования AnyLogic позволяет сфор-

мировать непрерывную дискретную модель, состоящую из потоковых элементов. Элементами нашей модели выступают макроэкономические (национальные), мезоэкономические (региональные и муниципальные) микроэкономические (бизнес) и домохозяйственные системы (с учетом низкого взаимодействия муниципальных образований и международных отношений, уровень изменений мезоэкономики (мировой экономики) отражается на изменениях макроэкономических процессов) [2, с. 128]. Каждая из данных систем, которая является накапливающей, имеет вспомогательные переменные: внутренние и внешние, которые, в свою очередь, определяются фиксированными константами (таблица).

Представленные в данной таблице фиксированные константы оцениваются как качественные и количественные характеристики. Плановые, трансфертно-инфляционные, валютные, санкционные, инвестиционные, ресурсные, рыночно-институциональные, рационализация внешних потоков, долговые, кредитные, торгово-экономические, бизнес-процессы, проектные, финансовые потоки бизнеса и домохозяйств, финансово-кредитные, налоговые и продовольственные изменения измеряются в тысячах рублей [1, с. 86]. При этом остальные вспомогательные переменные, имеющие качественный характер, будут рассчитаны в потенциальных зна-

чениях по степени важности (от 0,01 – менее значимые, до 1 – более значимые). Кроме того, необходимо отметить, что связь между качественными и количественными фиксированными константами является прямой, что свидетельствует о влиянии их на все экономические системы муниципального образования г. Орел [5, с. 273].

Качественные фиксированные константы рассчитаем при помощи анкетирования 45 экспертов (период июль-декабрь 2014, январь-июль 2015), которые по степени значимости (рассчитывая удельный вес) отдают предпочтения той или иной вспомогательной переменной. Применив уравнение парной линейной регрессии с постоянным шагом, измерим значение каждой качественной фиксированной константы. По-

казатели экспертных оценок качественных констант представлены на рис. 1–2.

Представленные на рис. 1 значения качественных констант показали, что наибольшее предпочтение эксперты передают демографическим изменениям (demo), присвоив им удельный вес, равный 0,77. Остальные значения качественных констант имеют следующие значения: управленческие изменения (uprav) – 0,32; нормативные изменения (norm) – 0,24; инновационно-технологические изменения (inov) – 0,51; коммуникационные изменения (komun) – 0,42; интеллектуальные изменения (intel) – 0,44; экологические изменения (ekol) – 0,30; ориентационные изменения (orient) – 0,20; психологические изменения (psicho) – 0,48; социологические изменения (social) – 0,50.

Вспомогательные переменные с фиксированными константами, сформированные по блокам экономических систем для муниципального образования город Орел в программе AnyLogic

Экономическая система	Внутренние изменения	Внешние изменения
Макроэкономика	– управленческие; – нормативные; – плановые; – трансфертно-инфляционные; – инновационно-технологические.	– коммуникационные; – валютные; – санкционные; – инвестиционные.
Мезоэкономика	– демографические; – научно-интеллектуальные; – ресурсные; – экологические; – рыночно-институциональные.	– рационализация внешних потоков; – долговые; – кредитные; – торгово-экономические.
Микроэкономика (бизнес)	– бизнес-процессов; – проектные; – ориентационные.	– финансовые потоки; – финансово-кредитные; – налоговые.
Домохозяйства	– психологические; – социальные.	– финансовые потоки; – финансово-кредитные; – продовольственные.

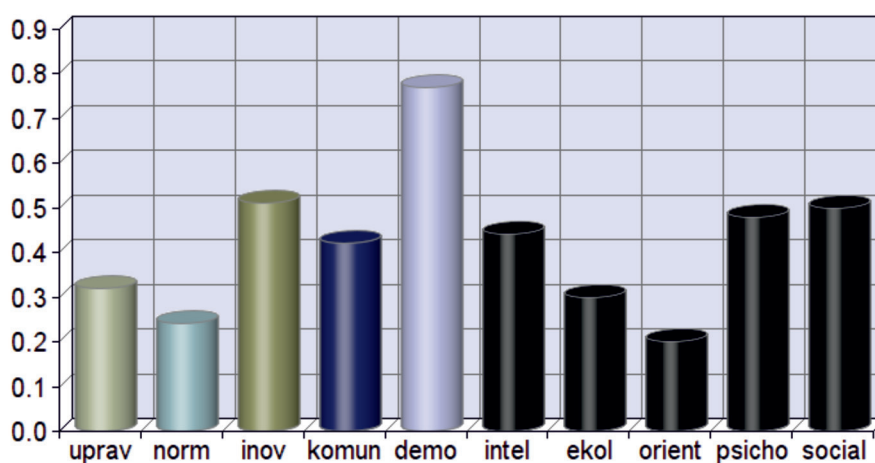


Рис. 1. Экспертные оценки качественных констант в дискретно-событийном моделировании за июль-декабрь 2014 года

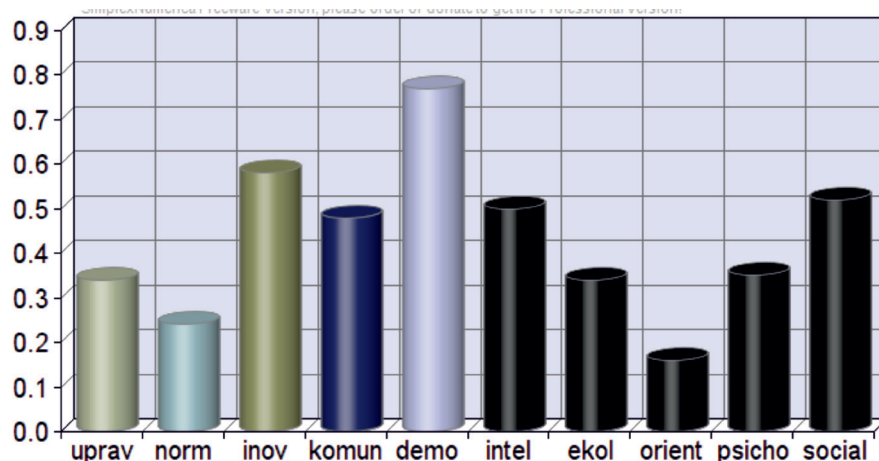


Рис. 2. Экспертные оценки качественных констант в дискретно-событийном моделировании за январь-июль 2015 года

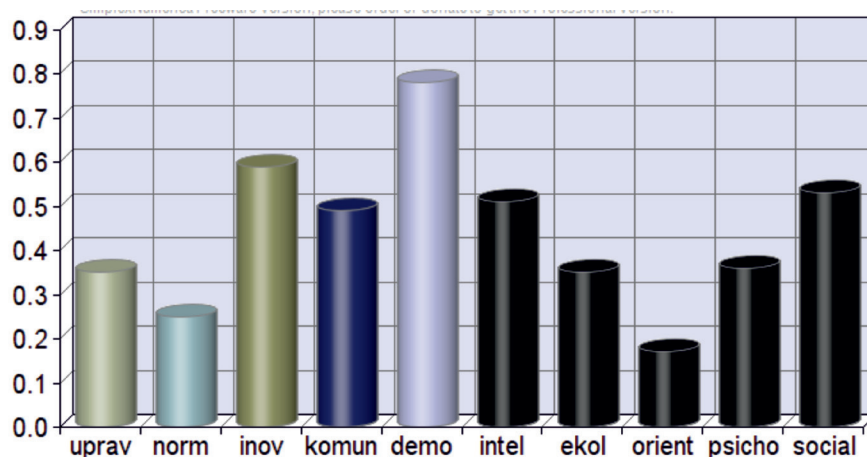


Рис. 3. Качественные константы в дискретно-событийном моделировании, полученные на основе уравнения парной линейной регрессии

Анализируя рис. 2, можно отметить, что степень значимости большинства качественных констант возросла (например, значимость инновационно-технологических изменений выросла на 7%), при этом, по мнению экспертов, психологические и ориентационные изменения стали иметь наименьшие значения.

При расчете коэффициента корреляции используем формулу Пирсона:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2 \times (n-1)}},$$

где x_i – значения переменной X ; y_i – значения переменной Y ; $\bar{x}$ – среднее арифметическое для переменной X ; $\bar{y}$ – среднее арифметическое для переменной Y [3, с. 144].

Используя данные, полученные методом экспертных оценок, вычисляем значе-

ния корреляции. Уравнение парной линейной регрессии:

$$y = 0,00406 + 1,01422 \times x.$$

Подставив в данное уравнение ответы экспертов за январь-июль 2015 года, получим уточненные значения качественных переменных дискретно-событийной модели управления изменениями в экономических системах муниципального образования г. Орел (рис. 3).

Полученные значения расходятся с экспертными оценками примерно на 0,09–0,12%, что свидетельствует о незначительной погрешности при построении дискретно-событийной модели. Параметры потока изменений в дискретно-событийной модели на основе муниципального образования г. Орла иерархичны, масштабируемы, расширяемы и объективно ориентированны, что позволяет смоделировать систему от начала появления изменений до их устранения [4, с. 183].

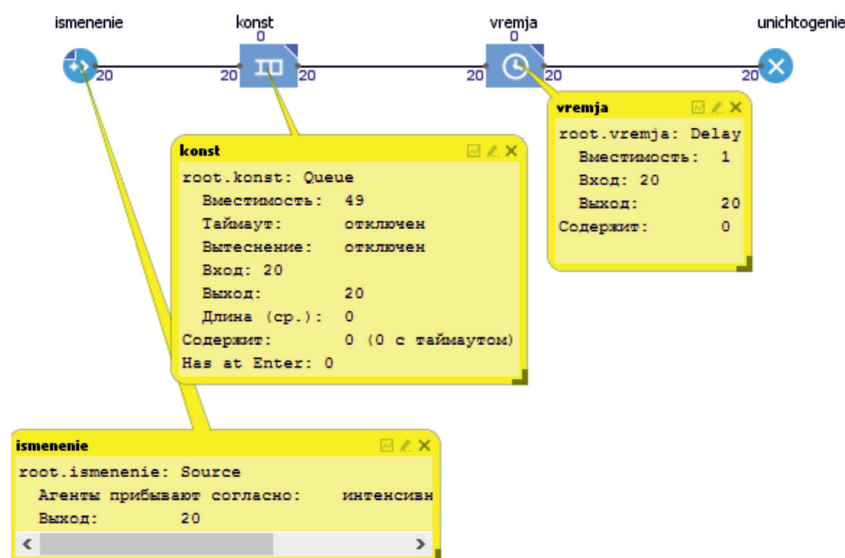


Рис. 4. Запуск базисной модели по управлению изменениями в экономических системах муниципального образования г. Орел

Данная схема должна быть базисной, состоящей из пяти основных элементов, которые выступают в качестве критериев при организации данного процесса:

1. Критерий *ismenenie* генерирует изменения в экономических системах муниципального образования г. Орел (макроэкономика, мезоэкономика, микроэкономика (бизнес), домохозяйства). Данный объект используется в качестве начальной точки диаграммы процесса, формализующей движение изменений.

2. Критерий *kolichestv_konst* и *kachestv_konst* моделирует очередь второстепенных изменений, которые следуют только за первичными изменениями. Например, макроэкономические изменения будут являться первичными, а изменения, которые в них входят (управленческие; нормативные; плановые и т.д.) – второстепенными.

3. Критерий *vremja* задерживает изменения на заданном периоде времени.

4. Критерий *unichtogenie* уничтожает поступившие изменения, после того когда на их место приходят новые изменения или они переходят в ранг «учтенные».

При формировании данной модели учитываются следующие факторы: интенсивность внедрения изменений – не больше 1–3 недель, учет изменений в год – 49 (из них 35 – количественных, 14 – качественных), время задержки изменений – минимальное – 1 неделя, среднее – 3–4 недели, максимальное 1 месяц (просрочка изменения на 1 месяц 1 день – неучтенное изменение). Вследствие этого все выявленные за

год изменения в экономических системах муниципального образования г. Орел в конце года становятся учтенными, имея при этом алгоритм решения.

Таким образом, представленное выше исследование применения дискретно-событийного моделирования для управления изменениями в экономических системах муниципального образования позволит своевременно определить и внедрить необходимые инструменты для модификации социально-экономической системы муниципального образования, учитывать качественные изменения, происходящие в макроэкономической и микроэкономической сфере, а также определить влияние внутренних и внешних изменений на различные аспекты экономического положения региона.

Список литературы

1. Ивлева Н.В., Федотов А.И. Методика формирования системы рейтинговой оценки бюджетного потенциала муниципальных образований Орловской области // Наука и образование: инновации, интеграция и развитие: Материалы Международной научно-практической конференции: В 2 частях. – Уфа, 2014. – С. 86–92.
2. Илюхина Н.А., Васильченко А.В. Сущность и основные подходы к финансовому мониторингу деятельности хозяйствующих субъектов // Научные записки ОрелГИЭТ. – 2012. – № 2 (6). – С. 128–131.
3. Илюхина Н.А., Кривченкова К.Н. Методические подходы к реинжинирингу бизнес-процессов с применением информационных технологий и систем // Научные записки ОрелГИЭТ. – 2012. – № 2 (6). – С. 144–148.
4. Комаревцева О.О. Разработка методики оценки финансово-инвестиционного потенциала территории // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 5–1. – С. 183–186.
5. Федотов А.И. Анализ показателей бюджетного процесса муниципальных образований Орловской области // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2015. – № 2 (7). – С. 273–278.

УДК 378.0 + 159.9

ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА С ПОМОЩЬЮ АКМЕОЛОГИИ

Михайлова А.Г.

Севастопольский государственный университет, Севастополь, e-mail: steba1971@mail.ru

Рассматривается проблема формирования профессионально-творческих способностей будущего инженера. Методами исследования стали традиционные методы: наблюдение, изучение опыта, анализ литературных источников по научной литературе. Проанализировав литературу, автор доказывает, что этапы процесса формирования профессионально-творческих способностей с помощью акмеологии не были исследованы. Автор утверждает, что акмеологический потенциал будущего специалиста является основой его профессионально-творческого самоопределения. Развитие сознания и ответственности учитывалось при разработке этапов процесса формирования профессионально-творческих способностей. Выделенные уровни сознания стали основой каждого этапа. Рассмотрены этапы процесса формирования профессионально-творческих способностей будущего инженера с помощью акмеологии. Проанализированы ожидаемые результаты репродуктивно-нормативного, нормативно-творческого и собственно творческого этапов. Автор приходит к заключению, что с целью повышения эффективности подготовки инженеров с профессионально-творческими способностями представляется важным учитывать разработанную поэтапную технологию.

Ключевые слова: акмеология, акмеологический подход, профессионально-творческие способности, сознание, ответственность

STAGES OF TECHNOLOGY OF ENGINEER'S PROFESSIONAL AND CREATIVE ABILITIES DEVELOPMENT BY MEANS OF ACMEOLOGY

Mikhaylova A.G.

Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: steba1971@mail.ru

The problem of formation of professional and creative abilities of the future engineer is considered. Research methods included traditional methods: observation, learning experience, the analysis of literary sources in the scientific literature. Having analyzed the literature, the author argued that the stages of the process of formation of professional and creative abilities with the help of acmeology were not been investigated. The author argues that acmeological potential of the future specialist is the foundation of his professional and creative self-determination. The development of consciousness and responsibility took into consideration when designed stages of the process of formation of professional and creative abilities. The levels of consciousness became the basis of each stage. The stages of the process of formation of professional and creative abilities of the future engineer with the help of acmeology are researched. The expected results of reproductive-normative, creative and creative stages are analyzed. The author comes to the conclusion to increase an efficiency of training engineers with professional and creative abilities, it is important to consider developed phased technology.

Keywords: acmeology, acmeological approach, professional and creative abilities development, consciousness, responsibility

В целях реализации концепции модернизации российского образования главной перспективой развития является обеспечение качества образовательного процесса. Вопрос качества образования – это не только приобретение знаний, но и овладение профессионально-творческими способностями, способностью применять знания, реализовывать собственные проекты, способностью социального действия. Развитие творческих способностей будущего специалиста – важнейшая задача высшего технического учебного заведения, ведь этот процесс пронизывает все этапы развития личности будущего инженера, пробуждает инициативу и самостоятельность принимаемых решений, привычку к свободному самовыражению, уверенность в себе. Как говорил Платон, все, что вызывает переход из небытия в бытие, – творчество, и, следовательно, создание любых произведений искус-

ства и ремесла можно назвать творчеством, а всех создателей – их творцами. Под творческим образом жизни понимается процесс человеческой деятельности, создающий качественно новые материальные и духовные ценности. Творчество представляет собой возникающую способность человека из доставляемого действительностью материала созидать на основе познания закономерностей объективного мира новую реальность: удовлетворяющую многообразным общественным потребностям.

Анализ последних публикаций и исследований и выделение нерешённой части проблемы. Большинство исследователей, а именно Г.С. Альтшуллер, Дж.И. Ниренберг, В.Н. Дружинин, А.М. Матюшкин, В.Д. Шадриков, указывают на необходимость раскрытия творческого потенциала личности. Условия, которые способствуют процессу формирования

творческих умений, исследовали Е.И. Бойко, В.М. Заенчик, А.А. Карачёв, В.М. Сысоева, В.Е. Шмелёв и др. Особый интерес с точки зрения развития и создания условий для инженерного творчества для нас представляют исследования Е.В. Громова, О.Р. Гарбыч-Мошоры, П.Г. Лузак и др.

Основные закономерности самодвижения специалистов к вершинам мастерства рассматривали Б.Г. Ананьев, А.А. Бодалев, А.А. Деркач, З.Ф. Есарева, Н.А. Зимняя, Н.В. Кузьмина, А.К. Маркова. Профессионально-творческое развитие личности изучали С.Н. Бегидова, О.С. Анисимов, Е.Н. Богданова, В.А. Моляко. При выделении этапов образовательного процесса, направленного на развитие профессионально-творческого потенциала инженера, мы опирались на исследования С.Н. Бегидовой, М.Я. Виленского, З.А. Муртазовой, О.Р. Гарбыч-Мошур, С.А. Хазовой и др., в которых исследовались процессы развития творческого мышления и творческой деятельности студентов в процессе профессиональной подготовки.

Анализ научной литературы показал, что этапы технологии формирования профессионально-творческих способностей будущего не были достаточно рассмотрены.

Цель данной статьи состоит в исследовании поэтапной технологии формирования профессионально-творческих способностей будущего инженера средствами акмеологии.

Материалы и методы исследования

Методами исследования являются традиционные методы: наблюдение, изучение опыта, анализ литературных источников по педагогике, философии, психологии, новым информационным технологиям, изучение первоисточников, анализ документации, изучение студенческого творчества, беседы.

Результаты исследования и их обсуждение

Во многих словарях и справочниках термин «инженер» определяется как специалист с высшим техническим образованием. Словом, право называться инженером дает диплом об окончании высшего технического учебного заведения. Здесь фактически характеризуется не сама его профессия, а лишь подготовленность и квалификация специалиста.

Сегодня благодаря стремительному развитию технического знания, созданию крупных научно-производственных комплексов, новых инженерно-технических сообществ формируется новый стиль инженерного мышления, характеризующийся строгой системностью с ориентацией на акмеологический аспект, как основу инженер-

но-технического творчества, направленного на создание новой техники и организации современных технологий.

Осуществляя свою деятельность, инженер преобразовывает природную и социальную среду, удовлетворяя различные технические потребности общества. Это преобразование всегда определено существующими связями, законами изменения и развития объектов, и сама деятельность может быть успешной только тогда, когда она согласуется с этими законами. Инженерная деятельность мобильнее технической и более сбалансирована по отношению к решению ближайших и перспективных производственных задач. Инженер не ограничивается только созданием технических средств, которые могут быть использованы в рамках существующих производственных технологий. Проектировщики и конструкторы должны предвидеть возможные будущие производственно-технические изменения, в том числе и те, которые соответствовали бы перспективным требованиям гармонизации общественной жизни. Инженерная деятельность в этом случае определяется по преимуществу не производственными регулятивами и социальными заказом сегодняшнего дня, а познавательными потребностями, связанными с прогнозированием будущих техноструктур и технологий [1]. Инженеру также необходимо четко усвоить специфическую систему норм и ценностных ориентаций, стимулирующих инженерный поиск и нацеливающих на создание социально значимых, экологически чистых и ресурсосберегающих технологий.

Одной из особенностей инженерной деятельности является ее творческий характер. Под творчеством понимается процесс человеческой деятельности, создающий качественно новые материальные и духовные ценности. Творчество представляет собой возникающую способность человека из доставляемого действительностью материала созидать на основе познания закономерностей объективного мира новую реальность, удовлетворяющую многообразным общественным потребностям. Виды творчества определяются характером созидательной деятельности.

Проведенный анализ инновационных технологий к профессиональной подготовке показал, что акмеологический подход является ключевым в формировании профессионально-творческих способностей будущего инженера, так как позволяет рассматривать процесс формирования как систему, имеющую свои структурные элементы. Одним из требований к процессу формирования профессионально-творческих способностей бу-

дущего инженера есть обеспечение поэтапной технологии формирования.

В рамках данной проблемы необходимо рассмотреть соотношение ответственности и становления специалиста. Конечным результатом готовности к профессиональной деятельности является профессиональное становление будущего инженера, что связано с процессами мотивации, интеллектуального развития и саморегуляции. Человек становится личностью, когда несет полную ответственность за себя. В исследованиях Э. Фромма [2] процесс становления личности связан с самоопределением человека в социуме, в котором происходит его развитие, в деятельности и общении с другими людьми. Подходим к определению понятия «становления» с позиций достижения «акме», считая, что становление (переход с одного состояния личности до другого – высшего уровня), что включает следующее: формирование; саморазвитие; смена основного жизненного вектора. Характеризуем становление как непрерывный процесс целеустремленного прогрессивного изменения личности под воздействием социальных действий и личной активности.

Ориентация высшей технической школы на формирование социальной зрелости может способствовать обеспечению целостности образовательного процесса и более высокому уровню его качества. Реализация акмеологической теории на практике означает приближение к решению проблем преемственности в обучении, стабильность развития профессионально-творческих способностей и становления личности будущего специалиста. Развитие сознания и ответственности учитывалось нами при разработке этапов процесса формирования профессионально-творческих способностей. Выделенные нами уровни сознания стали основой каждого этапа. «Только такое обучение можно назвать хорошим, которое забегаёт вперед развитию и ведёт развитие за собой. Но научить человека возможно только тому, чему он уже способен научиться. Обучение возможно там, где есть

возможность наследования» [3, с. 250]. То есть, уже в процессе развития профессионально-творческих способностей личность поднимается на новую степень развития как интеллектуального, так и личностного.

Этапы процесса формирования личности инженера с профессионально-творческими способностями можно сравнить с моделью Е.С. Кузьмина. Он связывает коррекцию личности с образом или иллюстрацией и называет это «эффектом воронки». Теоретическая модель «воронки» следующая:

1. Позиция «дело-поступки». Путь к делу, поступку начинается с познания, направлен на систему знаний или когнитивную систему, на проникновение в сознание человека.

2. Труднее для проникновения эмоциональная система. Здесь необходимо найти убедительную аргументацию и захватить эмоцию, пробудить страхи или удовольствие – путём иллюстрации, приведения примеров.

3. «Дело и поступок ведут к формированию привычек и черт характера. Чтобы побудить человека к делу, поступку, т.е. породить черту характера и привычки, нужно не только дойти до сознания человека, но и породить у него радость и печаль. И самое главное – побудить человека к деятельности, к действию» [4, с. 7].

С.Л. Рубинштейн утверждал, что развитие способностей совершается по спирали: реализация возможности, которая представляет собой способность одного уровня, открывает новые возможности для дальнейшего развития способностей более высокого уровня. Одаренность человека определяется диапазоном новых возможностей, которые открывает реализация наличных возможностей. Развитие творческого потенциала инженера осуществлялось в образовательном процессе через последовательно взаимосвязанные этапы: репродуктивно-нормативный; нормативно-творческий; собственно творческий [5]. Этапность процесса развития профессионально-творческих способностей инженера представлена в таблице.

Этапы процесса формирования профессионально-творческих способностей будущего инженера

Этапы	Уровни сознания	Алгоритм использования знаний для решения творческих задач: 1. Интеллектуальная подготовка 2. Постановка задачи 3. Анализ решения 4. Реализация 5. Коррекция
Репродуктивно-нормативный (развитие способностей к субъектному творчеству)	Социальная зрелость (адаптация к вузовским условиям)	
Нормативно-творческий (развитие способностей к самостоятельному субъективному творчеству)	Личностная зрелость (наличие ответственности, сознательности)	
Собственно творческий (развитие способностей к самостоятельному профессиональному творчеству)	Профессиональная зрелость (готовность к профессионально-творческой деятельности)	

Репродуктивно-нормативный этап направлен на овладение под руководством преподавателя алгоритмом творческого решения задач, формирование репродуктивных умений использования данного алгоритма при решении конкретных задач в стандартных условиях. Нормативно-творческий этап ориентирован на развитие самостоятельности и доказательности мышления, его многовариативности; развитие творческого воображения, приобретение навыков самостоятельной учебно-познавательной деятельности, а также на сознательное использование алгоритма творческого решения задач с элементами новизны. Собственно творческий этап предполагает формирование у студентов навыков самостоятельной постановки проблемы, её анализа и решения; навыков самостоятельной профессионально-творческой деятельности; развитие самостоятельности и неконформности мышления при выполнении творческих профессиональных задач.

Разработанный нами план мероприятий по поэтапному развитию профессионально-творческих способностей предусматривает три этапа. Первый этап (первый семестр обучения), репродуктивно-нормативный этап, носит подготовительный характер. Основной целью этапа является подготовка студентов к активной творческой деятельности. Для достижения этой цели были сформулированы следующие задачи: пробудить интерес к получению новых знаний; снять «комплекс неуверенности в своих силах», обеспечить положительный эмоциональный фон, уверенность в умении преодолевать трудности. Особое внимание уделялось мотивации деятельности студентов и формированию положительного эмоционального фона на занятиях.

На втором этапе (второй семестр обучения) была поставлена цель развить исходный творческий потенциал каждого студента. Для достижения цели сформулированы следующие задачи: формировать познавательные мотивы деятельности; развивать умение ставить цели, организовывать свою деятельность для их достижения; побуждать к генерированию оригинальных идей, нестандартных решений.

Основной целью третьего этапа является сформировать потребность в дальнейшем творческом саморазвитии, объективную са-

мооценку. Задачи этапа: формировать умение мобилизовать имеющиеся знания и способности деятельности для решения проблемы; осуществлять объективную оценку творческих решений. Познавательная деятельность студентов на этом этапе преимущественно активного, преобразовательного характера.

Таким образом, формирование ПТС будущих инженеров может быть реализовано благодаря поэтапной технологии. Результатом репродуктивно-нормативного этапа, который носил подготовительный характер, было овладение алгоритмом творческого решения задач; нормативно-творческий этап предполагал развитие творческого мышления и воображения, приобретение навыков самостоятельной деятельности, сознательное использование алгоритма творческого решения задач с элементами новизны; итоговый результат собственно творческого этапа – сформированность профессионально-творческих способностей будущих инженеров.

Выводы

Использование инженером в производственном процессе не только технического опыта, навыков, умений, инженерного мастерства, широкого социокультурного знания, прежде всего, профессионально-творческих способностей, является отличительной особенностью инженерной деятельности. С целью повышения эффективности подготовки инженеров с профессионально-творческими способностями представляется важным учитывать разработанные нами этапы. Рассмотренные этапы являются условием обеспечения сформированности профессионально-творческих способностей будущего инженера.

Список литературы

1. Выготский Л.С. Собрание сочинений в 6-ти томах. – т. 2. Проблемы общей психологии / Под. ред. В.В. Давыдова. – М.: Педагогика, 1982. – 502 с.
2. Иванов Н.И. Философские проблемы инженерной деятельности. Теоретические и методические аспекты / Н.И. Иванов – Тверь: Тверской государственный университет, 1995. – 100 с.
3. Кузьмин Е.С. Вопросы социальной психологии руководства (Психология производства и воспитания) / Е.С. Кузьмин. – Л.: ЛГУ, 1977. – С. 6–7.
4. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. – СПб.: Питер, 1999. – 720 с.
5. Фромм Э. Бегство от свободы / Э. Фромм. – М.: Прогресс, 1989. – 272 с.

УДК 37.037

АНАЛИЗ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА В УЧЕБНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Осадчук О.Л., Ожогова Е.Г.

*ГБОУ ВПО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, Омск,
e-mail: ool58@mail.ru*

В статье раскрываются особенности учебно-профессиональной деятельности студентов медицинского вуза. Освещается понимание эмоциональных состояний в современной науке. Обсуждаются результаты эмпирического исследования специфики эмоциональных состояний студентов медицинского вуза: приводятся данные об эмоциональных состояниях студентов в зависимости от специальности обучения, от этапов профессиональной подготовки и от половых особенностей. Даются методические рекомендации преподавателям медицинского вуза по учету факторов обучения, влияющих на эмоциональные состояния студентов.

Ключевые слова: учебно-профессиональная деятельность студентов медицинского вуза, эмоциональные состояния студентов медицинского вуза

THE ANALYSIS OF EMOTIONAL CONDITIONS OF STUDENTS OF MEDICAL HIGH SCHOOL IN UCHEBNO-PROFESSIONAL WORK

Osadchuk O.L., Ozhogova E.G.

FGBOU VPO «Omsk state medical university», Omsk, e-mail: ool58@mail.ru

In article specificity of uchebno-professional work of students of medical high school reveals. The understanding of emotional conditions in a modern science is shined. Results of empirical research of specificity of emotional conditions of students of medical high school are discussed: data about emotional conditions of students depending on a training speciality, from stages of vocational training and from sexual features are cited. Methodical recommendations are given to teachers of medical high school under the account of factors of the training influencing emotional conditions of students.

Keywords: uchebno-professional work of students of medical high school, emotional conditions of students of medical high school

Учебно-профессиональная деятельность является ведущей деятельностью в студенческом возрасте, представляющем собой юношеский период развития человека, знаменующий собой начало самостоятельной, взрослой жизни. Традиционно учебно-профессиональная деятельность определяется как деятельность студента по овладению знаниями, умениями, навыками благодаря решению специально поставленных преподавателем учебно-профессиональных задач [5]. В то же время в психологической литературе учебно-профессиональная деятельность рассматривается и как деятельность, направленная на саморазвитие студента, становление его субъектного опыта [9]. Учебно-профессиональная деятельность представляет собой совокупность компонентов, к которым относятся:

- 1) мотивационно-смысловой компонент (понимание предназначения профессии, желание освоить профессию, мотивы самореализации в профессии);
- 2) деятельностный компонент (умения решать учебно-профессиональные задачи в ходе самостоятельной работы, выполняя соответствующие учебные действия);
- 3) оценочно-контрольный компонент (навыки самооценки и самоконтроля хода и результатов своей деятельности) [8].

Учебно-профессиональная деятельность студента существенно отличается от учебной деятельности школьника. Учеба в студенческом возрасте приобретает отчетливо выраженную профессиональную направленность. Проявляется большая избирательность к учебным предметам. Учебно-профессиональную деятельность начинают активно побуждать социальные мотивы, связанные с будущим. В рамках учебно-профессиональной деятельности формируются жизненные планы студента.

Специалистами в области возрастной психологии отмечается, что развитие эмоциональности в студенческом возрасте тесно связано с развитием самосознания [5, 9]. Внешний мир воспринимается юношами и девушками «через себя». Ярко проявляется стремление к самоутверждению. Вместе с тем способность к сознательной регуляции своего поведения в юности развита не в полной мере. Отсюда нередко неумение студентов предвидеть последствия своих действий и поступков.

Как показывают психологические исследования, одними из существенных оснований поведения, деятельности и различных форм взаимодействия субъекта с окружающим миром являются эмоциональные состояния [3]. Порождаясь деятельностью, эмоци-

ональные состояния не только являются ее неотъемлемым компонентом, но и активно выполняют функцию ее регуляции. Эмоциональные состояния имеют очень разнообразные проявления, поэтому в науке существуют их различные классификации. Так, по степени интенсивности и продолжительности эмоциональные состояния могут быть длительными и кратковременными; по субъективному переживанию – положительными и отрицательными.

Во многих работах показано, что эмоциональные состояния существенно влияют на эффективность обучения. Так, в исследовании А.О. Прохорова выявлено, что эмоциональные состояния студентов, в значительной степени определяя протекание когнитивных процессов, существенно влияют на успешность учебной деятельности [7]. А.Я. Чебыкиным доказано, что эмоции детерминируют познавательную деятельность через соответствующие психические состояния, влияя на протекание всех психических процессов [10]. В работе Г.М. Лыдовой, А.Н. Панфилова изучены психические состояния студентов (стресс, фрустрация) в усложненных условиях учебной деятельности (сдачи экзамена) [4].

В то же время анализ научной литературы показывает, что эмоциональные состояния студентов медицинского вуза, возникающие в учебно-профессиональной деятельности, специальному изучению почти не подвергались. В литературе встречаются единичные работы, исследующие эмоциональные состояния представителей этой возрастной и социальной группы (изучен, преимущественно, синдром эмоционального выгорания). Это свидетельствует об актуальности проблемы эмоциональных состояний студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности.

Исходя из вышеуказанного, **объектом исследования** выбрана учебно-профессиональная деятельность студентов медицинского вуза.

Предметом исследования выступают эмоциональные состояния студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности.

Цель исследования состоит в выявлении специфики эмоциональных состояний студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности.

Гипотеза исследования основана на предположении о том, что эмоциональные состояния студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности характеризуются спецификой, проявления которой связаны с этапами и направлениями профессиональной подготовки.

Реализация поставленной цели и проверка сформулированной гипотезы потребовала решения следующих **задач исследования**:

1. Выявить специфику эмоциональных состояний студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности в зависимости от этапа профессиональной подготовки.

2. Определить специфику эмоциональных состояний студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности в зависимости от направления профессиональной подготовки.

Материалы и методы исследования

В качестве методики исследования эмоциональных состояний студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности был использован тест-опросник «Самооценка эмоциональных состояний», разработанный американскими психологами А. Уэссманом, Д. Риксом [2]. Опросник содержит четыре шкалы: «Спокойствие – тревожность», «Энергичность – усталость», «Приподнятость – подавленность», «Чувство уверенности в себе – чувство беспомощности». Каждая шкала включает 10 утверждений. Утверждения шкал расположены по убывающей линии: от полюса позитивного эмоционального состояния (10 баллов) до полюса негативного эмоционального состояния (1 балл). Испытуемого просят оценить свое эмоциональное состояние, выбрав соответствующее утверждение. Порядковый номер утверждения соответствует количеству баллов, набранных по шкале.

Организация исследования

Исследование эмоциональных состояний студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности проводилось в 2014–2015 учебном году на базе Омского государственного медицинского университета. В исследовании приняло участие 108 студентов 2 курса лечебного, медико-профилактического, педиатрического, стоматологического и фармацевтического факультетов.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты тестирования эмоциональных состояний студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности по методике «Самооценка эмоциональных состояний» А. Уэссмана, Д. Рикса представлены в таблице.

Полученные результаты показали, что, во-первых, этап профессиональной подготовки определяет типичные эмоциональные состояния студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности. Студенты первого курса чаще переживают отрицательные эмоциональные состояния: тревожность, усталость, подавленность, беспомощность. Вероятно, это связано с трудностями адаптации первокурсников к обучению в вузе. Для пятикурсников более типичны положительные эмоциональные

состояния: спокойствие, бодрость, приподнятость, уверенность в себе. В то же время, для студентов первого и пятого курсов характерно достаточно интенсивное проявление такого эмоционального состояния, как усталость. Возможно, это объясняется большой интеллектуальной и физической нагрузкой студентов, определяемой спецификой содержания и организации обучения в медицинском вузе (большим объемом заучиваемой наизусть информации, переездами из одних учебных корпусов в другие).

студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности характеризуются спецификой, проявления которой связаны с этапами и направлениями профессиональной подготовки.

На основе полученных результатов исследования нами составлены методические рекомендации преподавателям медицинского вуза по учету факторов обучения, влияющих на эмоциональные состояния студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности.

Показатели эмоциональных состояний студентов медицинского вуза, %

Виды эмоциональных состояний	Этапы профессиональной подготовки		Направления профессиональной подготовки				
	1 курс	5 курс	Лечебное дело	Медико-профилактическое дело	Педиатрия	Стоматология	Фармация
Спокойствие	15	17	14	15	19	16	13
Тревожность	11	10	12	14	13	13	12
Бодрость	15	16	15	17	15	19	17
Усталость	17	18	13	11	12	13	12
Приподнятость	14	16	17	18	14	15	15
Подавленность	10	6	12	10	9	8	10
Уверенность в себе	13	14	15	11	13	10	14
Беспомощность	5	3	2	4	5	6	7

Во-вторых, направление профессиональной подготовки, т.е. специфика изучаемых предметов, оказывает определенное влияние на эмоциональные состояния студентов медицинского вуза в учебно-профессиональной деятельности, однако различия в эмоциональных состояниях студентов разных направлений профессиональной подготовки не имеют яркого выражения. У студентов всех направлений профессиональной подготовки более высокие значения имеют положительно окрашенные эмоциональные состояния. Отрицательные эмоциональные состояния характеризуются более низкими значениями. Было обнаружено, что студентам направления «Лечебное дело» присуще интенсивное проявление состояния уверенности в себе. У студентов направления «Медико-профилактическое дело» доминирует состояние приподнятости. Для студентов направления «Педиатрия» характерно состояние спокойствия. Для студентов направлений «Стоматология» и «Фармация» типично состояние бодрости.

Заключение

Таким образом, результаты проведенного исследования подтвердили предположение о том, что эмоциональные состояния

1. Преподавателю необходимо принимать во внимание огромную роль факторов обучения, влияющих на эмоциональное состояние и, соответственно, учебно-профессиональную деятельность студентов. Результаты обучения студента определяются не только субъективными факторами (отношение к предмету и преподавателю), но и объективными факторами (свойствами самого заучиваемого материала: его содержанием, сложностью, формой и способами преподнесения).

2. Преподаватель должен понимать причины возникновения у студентов отрицательных эмоциональных состояний и учитывать их влияние на процесс обучения. К числу таких причин относятся:

- решение очень трудных и важных для студента учебно-профессиональных задач;
- перегрузка либо слишком малая учебная нагрузка студента;
- отсутствие у студента интереса к дисциплине или предлагаемой работе;
- конфликт социальных ролей, возникший в результате противоречия между нормами неформальной, значимой группы (студентов) и требованиями формальной организации (преподавателя).

3. Для успешности учебно-профессиональной деятельности важно, в каком эмо-

циональном состоянии находится студент. Наиболее благоприятное эмоциональное состояние студентов характеризуется спокойствием, энергичностью (бодростью), приподнятостью настроения, уверенностью в себе. Преподавателю необходимо владеть языком эмоций и чувств. Это способствует распознаванию эмоциональных состояний студентов и выразительности форм реагирования на происходящее в процессе коммуникации на учебном занятии.

4. Оценка человеком своего эмоционального состояния является существенным компонентом самоконтроля. Рекомендуются обучение студентов ролевым играм [1], приемам саморегуляции [6], позволяющим управлять эмоциями в учебно-профессиональной деятельности: переключению внимания, дыхательным упражнениям, мышечной релаксации, самовнушению.

Список литературы

1. Арттюхина А.И. Интерактивный метод обучения в медицинском вузе на примере ролевой игры / А.И. Арттюхина,

Е.Б. Марымова, Ю.А. Македонова, И.В. Фирсова // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 122–127.

2. Большая энциклопедия психологических тестов / сост. А. Карелин. – М.: Изд-во ЭКСМО, 2006. – 416 с.

3. Ильин Е.П. Эмоции и чувства. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.

4. Лыдкова Г.М. Психические состояния студентов в усложненных условиях учебной деятельности / Г.М. Лыдкова, А.Н. Панфилов // Концепт. – 2013. – № 1. – С. 19–29.

5. Мухина В.С. Возрастная психология: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.С. Мухина. – М.: Академия, 2006. – 608 с.

6. Осадчук О.Л. Тренинг саморегуляции: учеб. пособие. – Омск: Полиграфический центр КАН, 2008. – 88 с.

7. Прохоров А.О. Взаимодействие психических состояний и когнитивных процессов субъекта (на примере учебной деятельности студентов) // Экспериментальная психология. – 2010. – Том 3, № 2. – С. 33–44.

8. Педагогика проф. образования: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. В.А. Сластенина. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 368 с.

9. Слободчиков В.И. Психология развития человека: Развитие субъективной реальности в онтогенезе: учеб. пособие для педвузов / В.И. Слободчиков, Е.И. Исаев. – М.: Школьная пресса, 2000. – 416 с.

10. Чебыкин А.Я. Об эмоциях, детерминирующих познавательную активность / Чебыкин А.Я. // Психологический журнал. – 1989. – Т. 10, № 4. – С. 135–141.

УДК 378

МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

¹Сафаралиев Б.С., ²Кольева Н.С.

¹ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная академия культуры и искусств»,
Челябинск, e-mail: bozorsafaraliev@mail.ru;

²Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,
Петропавловск, e-mail: nkoleva@mail.ru

В статье дается понятие информационной образовательной среды с точки зрения управления, описывается методология моделирования информационной образовательной среды образовательных учреждений на базе теории систем. Приведены теоретические основы построения и практического применения информационной образовательной среды образовательных учреждений. Рассмотрен системный подход, позволяющий определить ограничения функционирования системы, процедуру планирования деятельности и систему стимулирования элементов организации. Подробно сделан обзор основных моделей взаимодействия элементов организации: бюрократическая, демократического участия и паритетного компромисса; дается их определение и условия функционирования. Также представлен выбор моделей взаимодействия в зависимости от основных элементов системной деятельности в образовательных учреждениях.

Ключевые слова: информационная образовательная среда, информатизация, автоматизация, системный анализ, информационные технологии, моделирование, бюрократическая модель управления организацией, модель демократического участия, модель паритетного компромисса

MECHANISMS OF FORMATION AND FUNCTIONING OF THE INFORMATION EDUCATIONAL ENVIRONMENT EDUCATIONAL INSTITUTIONS

¹Safaraliev B.S., ²Kolyeva N.S.

¹Chelyabinsk state academy of culture and arts, Chelyabinsk, e-mail: bozorsafaraliev@mail.ru;

²North Kazakhstan State University named after M. Kozhybayev, Petropavlovsk, e-mail: nkoleva@mail.ru

The article presents the concept of the information educational environment in terms of management, the methodology of modeling the information educational environment of educational institutions on the basis of the theory of systems. The theoretical bases of construction and application of information educational environment. Considered a systematic approach that allows to determine the limits of the system, the procedure for planning and organizing incentive system elements. More reviews the main models of interaction between the elements of the organization: the bureaucratic, democratic participation and parity of compromise; given their definition and operating conditions. It is also a selection of models of interaction, depending on the basic elements of the system work in educational institutions.

Keywords: information educational environment, computerization, automation, systems analysis, information technology, simulation, bureaucratic model of organization management model for democratic participation, the model of parity compromise

Информационная образовательная среда, с точки зрения, управления – это организация, имеющая многогранную, выраженную в виде идеологии, законов и инструкций, цель существования. И так как ее необходимо структурировать (разбивать на подцели), неизбежно возникает необходимость выделения отдельных уровней управления и элементов организации, отвечающих за тот или иной участок деятельности. Определение, выявление, формирование структурной взаимосвязи элементов системы, приводящей к эмерджентности, является важнейшим моментом создания и проектирования функционирования системы. Для организационных систем, каковой является и информационная образовательная среда, состоящих из большого числа взаимосвязанных элементов, перед тем как переходить к моделированию ме-

ханизмов функционирования, необходимо установить основные базовые взаимосвязи между элементами [4–6].

В дальнейшем, говоря об организационных системах, будем предполагать, что все рассуждения относятся и к информационной образовательной среде образовательных учреждений.

В связи с этим организационная система – это конечное множество функционально определенных и активных элементов, которое характеризуется общностью цели, являющейся информационным образом конечного продукта, ради которого система существует [4]. Она обладает, по крайней мере, двумя видами динамики: динамикой «во времени» и динамикой «в пространстве». Под динамикой «во времени» будем понимать то, что в результате внешних и внутренних взаимодействий все системы

подвержены постоянным изменениям, происходящим с разной интенсивностью. Под динамикой «в пространстве» будем понимать, прежде всего, то, что любая система является частью некоторой большей системы, в результате весь мир может существовать как иерархия вложенных друг в друга, взаимодействующих систем [3].

Существование любой организационной системы «во времени» и «в пространстве» определяется тем, что она находится в среде целенаправленной деятельности. Цель синтезирует внутреннюю и внешнюю целостность системы, определяет рациональную структуру системы и ее функции. Получается, что организационная система – это система с социальным и экономическим интересом, имеющая цель существования и обладающая ресурсами для построения исходя из цели существования структуры и отношений, необходимых для получения некоторого результата, который обычно называют конечным продуктом.

Цель исследования

Правильное определение и задание целей – главное для существования организационной системы. В этом ее, с одной стороны, неискоренимый субъективизм, а с другой – отражение объективных процессов. На основе определенных целей, строится стратегия и тактика управления системой, формируется структура системы, которая предполагает наличие системы управления и объекта управления.

Как было указано, при определении цели организационной системы имеют место два начала: объективное и субъективное. Объективное начало определяется проблемной ситуацией, возникающей в обществе. Существование проблемы порождает необходимость системообразующей деятельности.

Выявление и описание проблемной ситуации – это один из наиболее сложных и ответственных процессов. Возникновение проблемных ситуаций есть следствие диалектического характера развития систем. Неудовлетворенные потребности, которые, как правило, изначально носят объективный характер, в конечном счете, получают субъективное выражение в оценке параметров существующих систем и осознании необходимости их изменения. Возможности удовлетворения потребностей ограничиваются множеством объективных и субъективных факторов: существующими системами, методами управления, уровнем научно-технологического развития, ресурсным обеспечением, природой и допустимым уровнем воздействия на нее.

Определение целей в организационных системах является специфическим, субъективным процессом, однако то, насколько при этом учтена объективная реальность, и цели более высокого уровня определяет надежность и жизнеспособность создаваемых организационных систем. Несомненно, управлять легкой простой системой, поэтому управляющий орган – система управления часто стремится упростить ситуацию и в той или иной степени ограничить, либо, что, в конечном счете, то же самое, управлять активностью объекта управления. При этом рациональным принципом построения взаимоотношений между элементами системы для достижения цели является обеспечение наиболее эффективного функционирования при рациональном использовании ресурсов. Для реализации этого принципа действительно необходимо, чтобы система управления ясно определяла функциональные задачи элементов системы и систему стимулирования, с другой стороны, наибольшая конструктивная активность элементов будет достигаться, если интересы субъектов и их цели согласованы с целями всей системы.

Подводя некоторые итоги, касающиеся определения многоуровневой организационной системы, можно сделать вывод, что это можно сделать, рассматривая основные этапы деятельности по ее синтезу и анализу.

Другими словами, следует осознать проблемную ситуацию; определить цели ее ликвидации; для реализации целей построить соответствующую организационную структуру; определить ограничения функционирования системы, процедуру планирования деятельности и систему стимулирования элементов организации, при этом для обеспечения организационного согласия должны быть учтены и рационально использованы имеющиеся ресурсы.

Теоретическую базу для формирования подходов к решению перечисленных задач дает системный анализ. Приведенное изложение основных понятий этого инструмента исследования систем, в основном соответствует традициям анализа активных систем [1] и методологии системного анализа [2, 4].

Связи элементов организационной системы многообразны, но, с точки зрения управления, важнейшими являются связи распределения полномочий и информационные связи. Такие связи образуют структуру системы, представляющую собой иерархию либо иную упорядоченную многоуровневую структуру. Описание таких многоуровневых структур является важнейшей задачей системного анализа.

Управление организационными системами, поведение элементов которых

отличается разнообразностью вариантов и активностью, достаточно сложно для описания. Тем не менее, современное развитие наук об организационных системах и методов управления в обществе вполне позволяет ставить вопрос о необходимости синтеза рационального организационного устройства, обеспечивающего максимальную самостоятельность отдельных слоев иерархии, одновременно с формированием информационных ресурсов, необходимых для управляемости элементов иерархии. Допустимый уровень самоуправления отдельных слоев иерархий определяется уровнем организационного согласия. Под организационным согласием будем понимать соглашение всех элементов системы относительно общих целей существования и развития, и построенной на этой основе системы стимулирования в системе.

Одним из способов достижения соответствия целей можно считать организацию, допускающую соревнование и неантагонистическую игру интересов при честном соблюдении кодекса законов (ограничений), касающихся общей цели. Это наиболее распространенный в обществе порядок организации дел. Такую организацию обычно называют демократической. Она устойчива, если цель системы действительно удовлетворяет все уровни иерархии и, кроме того, элементам системы выгодно не скрывать свои интересы, а соревнование между ними носит достаточно открытый характер. Кроме того, должен быть реализован механизм всеобщего соблюдения кодекса законов.

Под моделью взаимодействия (моделью управления) принято понимать роль и место руководителя и подчиненных, правил выработки и реализации управленческих решений. Форма взаимодействия элементов зависит от размеров организации, используемых стратегий и тактики действий организации в обществе, используемых технологий производства, а также многих других факторов. Предлагаем выделять три модели взаимодействия, которые отражают уровень согласия в системе:

- бюрократическая модель;
- модель демократического участия;
- модель паритетного компромисса.

Рассмотрим каждую модель взаимодействия. *Бюрократическая модель* характеризуется четкой иерархией правил и решений, жесткой регламентацией должностных инструкций. Бюрократический подход управляющей системы к проблемам взаимодействия с объектом управления можно описать простейшей кибернетической моделью с обратной связью.

Для данного типа организации управления характерны следующие предположения:

- большинство сотрудников организации пассивны;
- для управления подчиненными необходим контроль всех их действий;
- для получения результатов соответствующих целям организации необходима четкая система поощрения положительных усилий и наказания отклонений от нормативов.

Несомненным достоинством бюрократической модели взаимодействия является четкая организация труда, разграничение полномочий, хорошо организованная система контроля. Основной недостаток связан с игнорированием активной роли сотрудников в деятельности организации и отсутствием мотивации к творческому труду.

Модель *демократического участия* ориентирована на развитие творческих способностей сотрудника, когда, выполняя ту или иную функцию, он рассчитывает на достижение личных целей, направляя свои усилия на достижение целей организации. Этого можно достичь, правильно организовав планирование и стимулирование.

Смыслом существования любой организационной системы является реализация определенных целей, которые можно описать, задавая, а затем оценивая значения параметров системы. Важнейшие параметры, отражающие цели системы, обозначим $X^d = \{x_j^d\}$. Состояние организации характеризуется также рядом параметров, менее значимых в рассматриваемый момент времени. Их можно считать информационными – $X^i = \{x_j^i\}$. Планирование и оценка деятельности системы производится управляющим органом по набору параметров X^d , который доопределяется с учетом внутренних и внешних условий существования системы рядом параметров из $\{x_j^i\}$. При этом определяется набор актуальных с точки зрения достижения целей системы параметров функционирования. Задавая нормативы по этому набору на определенный момент времени t : $X^n(t) = \{x_j^n(t)\}$, осуществляется планирование. Оценивая значения параметров системы в момент времени t , управляющий орган определяет систему стимулирования элементов системы $F(t)$. Эти действия системы управления составляют макроуровень управления организационной системы.

На микроуровне системы реализуются процессы, связанные с созданием конечных продуктов деятельности. Эти процессы находятся под воздействием системы стимулирования F . Возможности элементов по созданию конечных продуктов ограничены допустимой интенсивностью их работы N , которая определяется существующими ре-

сурсами и технологией. Под воздействием системы стимулирования и допустимой интенсивности деятельности складывается детерминированный тип поведения элементов, который в некоторый момент времени t описывается состоянием параметров системы $\{x(t)\}$. Таким образом, в модели демократического участия перед органом управления для реализации целей системы стоят взаимосвязанные задачи формирования закона нормативного планирования и системы стимулирования с учетом реальных процессов функционирования элементов.

Элементы организационной системы ведут себя активно. При этом они учитывают реально сложившуюся систему стимулирования деятельности и, кроме того, в определенной степени самостоятельно взаимодействуют с внешней средой. На уровне элементов в системе реализуются микропроцессы, которые для системы в целом не являются существенными и не могут быть в полной мере описаны нормативными параметрами. Процессы микроуровня не являются детерминированными. Они находятся под воздействием параметров системы стимулирования $F(t)$, отображаясь в процессы макроуровня. В результате система имеет детерминированный тип поведения, который описывается траекторией системы, формируемой траекториями ее элементов. Система управления призвана, оперируя системой стимулирования, обеспечивать минимальное рассогласование текущих параметров системы $X(t)$ с нормативными параметрами $X^n(t)$, при этом особое значение имеют параметры, которые задаются с учетом потребностей внешней среды X^d .

Основное достоинство рассмотренной модели взаимодействия – это согласование личных интересов сотрудников с целями организации в случае правильно построенной системы стимулирования. Недостатком является то, что построить правильную систему стимулирования и вовремя ее корректировать достаточно сложно, поэтому, как правило, имеет место запаздывание стимулирования актуальных параметров функционирования.

Решение проблем демократического участия достигается путем ее приближения к модели паритетного компромисса. Эта модель предполагает, в свою очередь, программно-целевые методы управления. Цели организации в этом случае должны определяться и формулироваться с такой степенью детальности, чтобы по уровню их реализации можно было оценивать эффективность работы элементов структуры системы.

Согласованность интересов элементов системы с целями ее существования позволяет переходить к децентрализованно-

му управлению, которое приобретает вид коллективного взаимодействия элементов. Такой тип управления становится неизбежным для сложных, больших систем [5].

Суть заключается в том, что паритетное управление возможно реализовать, создав иерархии управления, соответствующие целям системы, обеспечив согласованность интересов элементов системы с целями и обеспечив полную информированность и коммуникабельность на всех уровнях иерархии.

Будем считать, что иерархия целей организации определена и имеется дерево целей системы [3–5]. Глобальную цель системы обозначим C_1 . Подцель i -го уровня дерева целей будем обозначать C_α , где $\alpha = (1, i_1, i_2, \dots, i_{n-1})$ есть слово, число букв которого совпадает с номером уровня дерева целей. Так как мы считаем, что на верхнем уровне у нас единственная цель, то первая буква всегда единица. В качестве алфавита используем ряд натуральных чисел $1, 2, \dots, n, \dots$, например: $C_{1,2}, C_{1,5,17}$. Соотношение $C_{\alpha_1} \subseteq C_{\alpha_2}$ будет означать, что цель C_{α_1} является подцелью цели C_{α_2} . В этом случае α_2 есть начало слова α_1 , то есть $\alpha_1 = (\alpha_2, \alpha_3)$, где α_3 некоторое слово или $\emptyset$.

Пусть γ_α – количество подцелей, на которые декомпозируется цель C_α , тогда она порождает цели $C_{\alpha,1}, C_{\alpha,i}, \dots, C_{\alpha,\gamma_\alpha}$. Обозначим α слово, полученное из α отбрасыванием последней буквы. Количество букв слова α обозначим n_α . Множество всех индексов α , соответствующих целям C_α дерева целей, обозначим через A , количество уровней дерева целей – N .

Как было указано выше, дерево целей порождает элементарную структуру управления организационной системой, в которой уровень иерархии управления соответствует уровню дерева целей. Элементы этой структуры, которые обозначим S_α , фактически представляют собой системы принятия решений, то есть способ реализации управления в организационной системе. Практически в паритетных системах, с одной стороны, распределение управления (распределение поручений, ответственности, возможностей стимулирования) соответствует дереву целей, а с другой, обеспечена возможность координации работ любого уровня управления за счет свободной корреспонденции информации.

Введем обозначения:

ξ_α^a – состояние системы S_α^a ;

$u^{a,i}$ – управляющее воздействие системы S_α^a на элементы более низкого уровня $S_{\alpha,i}^a = 1, 2, \dots, \gamma_\alpha$;

w^a – интегрированная информация о сфере деятельности, определяемой целью C_α , передаваемая из S_α^a в $S_{-\alpha}^a$ (при $|\alpha| \geq 2$);
 $\{\omega_\alpha^{a,1}, \dots, \omega_\alpha^{a,\gamma_\alpha}\}$ – информация о сферах деятельности $C_{\alpha,i}^a, i = 1, \dots, \gamma_\alpha$;

$\Lambda_{\alpha} = \|\lambda_{ij}^{\alpha}\|$ – матрица интенсивности корреспонденции между элементами уровня α ; $i, j = 1, 2, \dots, \gamma_{\alpha}$;

$T_{\alpha} = \|t_{ij}^{\alpha}\|$ – матрица, элементы которой отражают сложность (пропускная способность линий связи, расстояние и т. п.) осуществления коммуникации между элементами уровня α ; $i, j = 1, 2, \dots, \gamma_{\alpha}$.

Система S_1 управляет деятельностью всей организационной системы, поэтому она получает концентрированную информацию о состоянии и конечном продукте всей системы. Кроме того, S_1 должна обладать элементами самоорганизации, то есть корректировать цели и структуру системы.

Система S_{α} среднего уровня, то есть $1 < |\alpha| < N$, связана с управляющей системой $S_{- \alpha}$ и объектами управления – $S_{\alpha i}$. Координация работы элементов структуры осуществляется не только и не столько линейными управляющими воздействиями, сколько обеспечением полной информированности и свободного перемещения корреспондирующей информации $\|\lambda_{ij}^{\alpha}\|$ между исполнителями одного комплекса работ.

Уровень взаимодействия элементов организации можно оценивать величиной, выражающей напряженность обеспечения коммуникационных связей между ними. Так для системы уровня α такая оценка может

выражаться величиной $Q_{\alpha} \cdot Q_{\alpha} = \sum_{i=1}^{\gamma_{\alpha}} \sum_{j=1}^{\gamma_{\alpha}} \lambda_{ij}^{\alpha} l_{ij}^{\alpha}$.

Сумма Q_{α} для всех уровней от $\alpha = 1$ до $\alpha = N$ дает оценку напряженности коммуникационных связей в системе – Q . Следует отметить, что данные параметры не являются традиционными параметрами элементов организационной системы. Такое положение является следствием отсутствия должной структуризации связей между элементами, их сложным многовариантным характером. Развитие систем управления, их автоматизация повышают важность определения и анализа параметра Q .

Выводы

Таким образом, рассмотрено три основных модели взаимодействия элементов организации: бюрократическая, демократического участия и паритетного компромисса.

Какие же параметры систем определяют выбор модели взаимодействия.

Очевидно, что при массовом производстве, когда технологии функционирования полностью определены и отлажены, достаточно эффективной будет бюрократическая модель. Если же используемые технологии требуют проявления индивидуального характера, творческих способностей, лучше использовать взаимодействие между элементами, описываемое моделью демократического участия. Если же функционирование базируются на сложных современных технологиях и техноценозах, ориентировано на конкурентные рыночные отношения во внешней среде, то часто неизбежным становится переход к паритетному компромиссу при взаимодействии элементов. Вообще внешняя среда оказывает существенное влияние на выбор модели взаимодействия в том плане, что динамичные, быстро меняющиеся потребности внешней среды требуют гибкой, легко адаптирующейся организации функционирования. Такого типа организация может не укладываться в рамки бюрократической модели, и тогда происходит переход к моделям демократического участия и паритетного компромисса. Тем не менее, в одной и той же организации на разных уровнях управления могут возникать иерархии управления, использующие разные модели взаимодействия. Реализация этих моделей, то, какая из них является определяющей, зависит от того, каким образом определены основные элементы системной деятельности в организации.

Список литературы

1. Акоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. М.: Мир, 1971. – 534 с.
2. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. – М.: Наука, 1977. – 255 с.
3. Ехлаков Ю.П., Яворский В.В. Моделирование структурных взаимосвязей функционирования организационных систем управления. – Томск: Изд-во ТУСУР, 2000. – 171 с.
4. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа. – Томск: Изд-во НТЛ, 2007. – 396 с.
5. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. – М.: Наука, 1968. – 399 с.
6. Янг С. Системное управление организацией. – М.: Сов. Радио, 1972. – 455 с.