ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 11 2017
Часть 1
ISSN 1812-7339

Журнал издается с 2003 г.

Электронная версия: **http://fundamental-research.ru**

Правила для авторов: **http://fundamental-research.ru/ru/rules/index**

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 33297

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

Зам. главного редактора
Бичурин Мирза Имамович, д.ф.-м.н., профессор

Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.т.н., проф. Бошенятов Б.В. (Москва); д.т.н., проф. Важенин А.Н. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Гилёв А.В. (Красноярск); д.т.н., проф. Гоц А.Н. (Владимир); д.т.н., проф. Грызлов В.С. (Череповец); д.т.н., проф. Захарченко В.Д. (Волгоград); д.т.н. Лубенцов В.Ф. (Невинномысск); д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., проф. Пачурин Г.В. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Великий Новгород); д.т.н., к.ф.-м.н., проф. Мишин В.М. (Пятигорск); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.т.н., проф. Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., проф. Леонтьев Л.Б. (Владивосток); д.т.н., проф. Дворников Л.Т. (Красноярск); д.т.н., проф. Снежко В.А. (Москва); д.э.н., проф. Макринова Е.И. (Белгород); д.э.н., проф. Роздольская И.В. (Белгород); д.э.н., проф. Коваленко Е.Г. (Саранск); д.э.н., проф. Зарецкий А.Д. (Краснодар); д.э.н., проф. Тяглов С.Г. (Ростов-на-Дону); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.э.н., проф. Серебрякова Т.Ю. (Чебоксары); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.э.н., проф. Апенько С.Н. (Омск); д.э.н., проф. Скуфьина Т.П. (Апатиты); д.э.н., проф. Самарина В.П. (Москва)

Журнал «Фундаментальные исследования» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий, и массовых коммуникаций.
Свидетельство – ПИ № ФС 77-63397.

Все публикации рецензируются.
Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Импакт-фактор РИНЦ (двухлетний) = 1,252.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Ответственный секретарь редакции –
Бизенкова Мария Николаевна –
+7 (499) 705-72-30
E-mail: **edition@rae.ru**

Подписано в печать 03.11.2017
Дата выхода номера 03.12.2017

Формат 60x90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Технический редактор
Митронова Л.М.
Корректор
Галенкина Е.С.

Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 31,5
Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2017/11

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ЭНТРОПИЙНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПИСАНИЯ ЭКЗАМЕНОВ В ВУЗЕ

Аль-Габри В.М., Гранков М.В., Долятовский В.А. 9

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Ананченко И.В., Распопа Е.А., Хаджиев И.В. 15

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ СИММЕТРИЧНОЙ СХЕМЫ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ НА БАЗЕ АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ «КУЗНЕЧИК»

Бабенко Л.К., Санчес Россель Х.А. 20

УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРУЖИННОГО МЕХАНИЗМА ПОДВЕСКИ

Белов В.В., Капитонов Ф.В., Петров К.М. 24

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

Богословский С.Ю., Болдырев В.С., Кузнецов Н.Н., Астапов К.Р. 30

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Вагизов М.Р., Навалихин С.В., Баенгуев Б.А. 35

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гарькина И.А., Гарькин И.Н., Данилов А.М. 41

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ШАТУННЫХ БОЛТАХ ШАТУНОВ С ПРЯМЫМ РАЗЪЕМОМ

Гоц А.Н. 47

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК В НЕВОДНОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ MnO_2-ЭЛЕКТРОДА

Гусева Е.С., Попова С.С., Францев Р.К. 53

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ШИФРОВАНИЯ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ ДАННЫХ ПРИ ИХ ПОВРЕЖДЕНИИ

Димитриев А.П. 58

МОДЕЛЬ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПОТОКА СУСПЕНЗИИ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Жеглова Ю.Г., Сафина Г.Л. 63

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ХРАНЕНИЯ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Исмаилов А.М. 67

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДОБРОТНОСТЬ КОМПОЗИТА РВТЕ – УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ

Кармоков А.М., Молоканова О.О., Калмыков Р.М., Молоканов О.А., Кармоков М.М., Дышекова А.Х., Усаев А.А. 76

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУЛЬТИВАТОРНЫХ СТОЕК С ИЗМЕНЯЕМОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ

Кокошин С.Н., Созонов С.М. 82

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗВЕНЬЕВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ БРИГАДЕ ПРИ ПАНЕЛЬНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Кулешов И.В., Пищухин А.М. 87

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ «К-МЕДИА»
Минасов Ш.М., Тархов С.В. 92

МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ТЕКСТОВЫХ КОММЕНТАРИЕВ НА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ АУДИТОРИИ ИНТЕРНЕТ-СМИ
Монахов Ю.М., Маков Е.О. 98

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ИНФРАСТРУКТУРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ
Ноженкова Л.Ф., Исаева О.С., Марков А.А. 103

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ОПЕРАЦИОННЫХ РИСКОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕЛИЗАМИ БАНКОВСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
Петросян Г.С. 108

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ И ШУМА РЕМИЗНОЙ РАМЫ МЕТАЛЛОТКАЦКОГО СТАНКА
Пирогов Д.А., Шляпугин Р.В., Эльнашар Е.А. 114

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА, ПРОЛОЖЕННОГО В КРИОЛИТОЗОНЕ
Попов К.А., Стручкова Г.П., Капитонова Т.А., Слепцов О.И. 119

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИИ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В РЕАЛИСТИЧНОЙ МОДЕЛИ ОБОГАЩЕННОГО ХРОМОМ ПРЕЦИПИТАТА СПЛАВА FE–CR
Свистунов И.Н., Колокол А.С. 123

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ
Троицкая Е.А. 128

ДИНАМИКА УПРУГОЙ СИСТЕМЫ БАТАННОГО И РАПИРНОГО МЕХАНИЗМОВ МЕТАЛЛОТКАЦКИХ СТАНКОВ ТИПА СТР
Тувин А.А., Максимов А.А., Аллямов Р.Р. 133

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С УЧЁТОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА
Ченцов С.В., Краснов И.З., Сидарас А.А. 140

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ САМОАРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОН ИЗ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА
Чуков Д.И., Жеребцов Д.Д., Нематуллоев С.Г. 145

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АНТИКРИЗИСНОГО ПОДХОДА
Шахмаметова Г.Р. 151

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ ИЗОЛИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЁННОГО РЕЕСТРА
Шишков Е.М., Солдусова Е.О., Проничев А.В. 158

Экономические науки (08.00.00)

ОЦЕНКА СВЯЗЕЙ И ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ РЕГИОНОВ ПО ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДАННЫМ С ПОМОЩЬЮ МНОГОФАКТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ РЕГРЕССИИ
Адамадзиев К.Р., Гасанова Н.Р. 164

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАЕМНОГО ТРУДА НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ ТРУДА
Алиева П.Р., Ибрагимова К.С. *171*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ КОНКУРЕНЦИИ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ РЫНКАХ
Апенько С.Н., Мамонтов С.А. *176*

АУТСОРСИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
Балдин О.В. *185*

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КООПЕРАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ В РАМКАХ ЕАЭС
Белякова Г.Я., Фокина Д.А. *190*

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ИНВЕСТИЦИОННЫЕ РИСКИ КАК ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ
Бондаренко В.В., Одинцов Н.В. *195*

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ ПРИГРАНИЧНОГО РЕГИОНА: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕТОРГОВЫХ ОТНОШЕНИЙ
Гичиев Н.С., Шабанова М.М., Суракатов Н.С. *203*

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ УДАЛЁННОСТИ ООПТ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ ОТ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА «ЗАПАДНАЯ ЕВРОПА – ЗАПАДНЫЙ КИТАЙ»
Григоревский Д.В., Чибилёв А.А. (мл.), Падалко Ю.А. *208*

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ПРЕДПРИЯТИЙ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА
Ибрагимов О.Е. *215*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ НА ОСНОВЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ
Коваленко Е.Г. *220*

ДЕТЕРМИНАНТЫ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И РЫНКА ТРУДА РЕГИОНА
Кутаев Ш.К. *225*

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ДОСТИЖЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
Лаптев С.В., Филина Ф.В. *229*

КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ СЕРВИСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
Лунева Е.А., Плохих Ю.В., Кулик Н.А. *239*

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГОТОВНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ КАЗАХСТАНА ДЛЯ ПЕРЕХОДА НА НАУКОЕМКИЕ СТАНДАРТЫ
Сагиева Р.К., Зиядин С.Т. *244*

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КРИТИЧЕСКОГО ОБЪЕМА ПРОИЗВОДСТВА МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ РЫНОЧНОГО РИСКА
Халиков М.А., Никифорова М.А. *248*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ENTROPICAL ANALYSIS FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE OF EXAMS TIMETABLING AT THE UNIVERSITY
Al-Gabri V.M., Grankov M.V., Dolyatovskiy V.A. 9

THE PROSPECTS OF TESTING THE INTERNET OF THINGS
Ananchenko I.V., Raspopa E.A., Khadzhiev I.V. 15

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE SYMMETRIC DIAGRAM OF THE DIGITAL SIGNATURE ARE BASED ON THE ALGORITHM OF THE «KUZNETCHIK» ENCRYPTION
Babenko L.K., Sanches Rossel Kh.A. 20

THE SPECIFIED TECHNIQUE OF THE RESEARCH SPRING PENDANT MECHANISM
Belov V.V., Kapitonov F.V., Petrov K.M. 24

PARAMETER OPTIMIZATION OF ELECTROLYTIC PROCESS OF OBTAINING SODIUM HYPOCHLORITE FOR DISINFECTION OF WATER
Bogoslovskiy S.Yu., Boldyrev V.S., Kuznetsov N.N., Astapov K.R. 30

DEVELOPMENT OF GEOINFORMATION SYSTEM OF GREEN SPACES OF ST. PETERSBURG
Vagizov M.R., Navalikhin S.V., Baenguev B.A. 35

IMITATIVE MODELING OF ERGATIC SYSTEMS
Garkina I.A., Garkin I.N., Danilov A.M. 41

DETERMINATION STRESSES IN THE CONNECTING ROD BOLTS WITH THE HORIZONTALLY SPLIT CONNECTING ROD
Gots A.N. 47

THE INFLUENCE OF ADDITIONS INTO NON-AQUEOUS SOLUTIONS ON MnO_2 ELECTRODE ELECTROCHEMICAL MODIFYING
Guseva E.S., Popova S.S., Frantsev R.K. 53

MODIFICATION METHOD OF ENCRYPTION FOR REDUCE LOSS OF DATA WHEN THEIR DAMAGE
Dimitriev A.P. 58

MODEL OF THE NONSTATIONARY FLOW OF SUSPENSION IN A POROUS MEDIUM
Zheglova Yu.G., Safina G.L. 63

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR PROVIDING THE REQUIRED QUALITY OF STORAGE OF INITIAL COMPONENTS FOR PRODUCTION OF ASPHALT-CONCRETE MIXTURES
Ismailov A.M. 67

THE THERMOELECTRIC FIGURE OF MERIT OF THE PBTE – CARBON NANOPARTICLES COMPOSITE
Karmokov A.M., Molokanova O.O., Kalmykov R.M., Molokanov O.A., Karmokov M.M., Dyshekova A.Kh., Usaev A.A. 76

EXPERIMENTAL STUDIES OF CULTIVATION STAND VARIABLE STIFFNESS
Kokoshin S.N., Sozonov S.M. 82

OPTIMIZATION OF THE NUMBER OF UNITS IN THE BUILDING TEAM DURING PANEL CONSTRUCTION
Kuleshov I.V., Pishchukhin A.M. 87

E-LEARNING MANAGEMENT SYSTEM «K-MEDIA»
Minasov Sh.M., Tarkhov S.V. 92

A MODEL OF INFLUENCE OF TEXT COMMENTS ON THE PSYCHO-EMOTIONAL STATE OF ONLINE MEDIA AUDIENCE
Monakhov Yu.M., Makov E.O. 98

IMPLEMENTATION OF THE SIMULATION-ORIENTED MODEL REUSE TECHNOLOGY IN THE MODELING INFRASTRUCTURE
Nozhenkova L.F., Isaeva O.S., Markov A.A. 103

METHODS FOR OPERATIONAL RISK ANALYSIS IN RELEASE MANAGEMENT OF BANKING SOFTWARE
Petrosyan G.S. 108

RESEARCH OF VIBRATION AND NOISE OF A HEDDLE FRAME OF THE METAL-LOOM MACHINE
Pirogov D.A., Shljyapugin R.V., Elnashar E.A. 114

THE USE OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE SAFETY OF UNDERGROUND MAIN PIPELINE LAID IN PERMAFROST
Popov K.A., Struchkova G.P., Kapitonova T.A., Sleptsov O.I. 119

STUDY OF POINT DEFECTS DIFFUSION IN A REALISTIC MODEL OF CROMIUM ENRICHED PRECIPITATE IN FE-CR ALLOY
Svistunov I.N., Kolokol A.S. 123

MODEL OF MANAGING THE PROCESS OF FORMING PROFESSIONAL COMPETENCES IN THE CONTEXT OF DISTANCE LEARNING
Troitskaya E.A. 128

DYNAMICS OF RESILIENT SYSTEM OF BATANNY AND RAPIER MECHANISMS OF METALWEAVER'S STR MACHINES
Tuvin A.A., Maksimov A.A., Allyamov R.R. 133

SUSTAINABILITY OF INFORMATION SYSTEMS WITH THE ACCOUNT OF THE HUMAN FACTOR
Chentsov S.V., Krasnov I.Z., Sidaras A.A. 140

INVESTIGATION OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF SELF-REINFORCED COMPOSITE MATERIALS BASED ON ULTRA-HIGH MOLECULAR WEIGTH POLYETHYLENE FIBERS
Chukov D.I., Zherebtsov D.D., Nematulloev S.G. 145

THE COMPLEX SYSTEMS RESEARCH ON THE BASIS OF CRISIS APPROACH
Shakhmametova G.R. 151

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR CONTROLLING ELECTRICAL REGIMES OF THE ISOLATED ELECTRIC POWER SYSTEM USING THE DISTRIBUTED LEDGER
Shishkov E.M., Soldusova E.O., Pronichev A.V. 158

Economic sciences (08.00.00)

EVALUATION OF RATIOS AND CORRELATIONS BETWEEN REGIONS' ECONOMIC INDICATORS ALONG SPATIAL DATA THROUGH MULTIFACTORIAL REGRESSION EQUATIONS
Adamadziev K.R., Gasanova N.R. 164

PROSPECTS OF AGENCY LABOR DEVELOPMENT IN THE RUSSIAN LABOR MARKET
Alieva P.R., Ibragimova K.S. 171

METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE ASSESSMENT OF THE DEVELOPMENT OF COMPETITION IN THE REGIONAL CONSUMER MARKETS
Apenko S.N., Mamontov S.A. *176*

OUTSOURCING AS A TOOL OF INFRASTRUCTURE SUPPORT OF INNOVATION PROJECTS
Baldin O.V. *185*

FEATURES OF INDUSTRIAL COOPERATION'S DEVELOPMENT OF MACHINE-BUILDERS UNDER THE FRAMEWORK OF THE EAEU
Belyakova G.Ya., Fokina D.A. *190*

INVESTMENT POTENTIAL AND INVESTMENT RISKS AS THE MAIN COMPONENTS OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE KRASNODAR REGION
Bondarenko V.V., Odintsov N.V. *195*

ECONOMIC GROWTH OF THE BORDER REGION: METHODS FOR ASSESSING THE IMPACT OF FOREIGN TRADE RELATIONS
Gichiev N.S., Shabanova M.M., Surakatov N.S. *203*

SPATIAL ANALYSIS OF PROTECTED AREAS' TERRITORIAL REMOTENESS OF THE ORENBURG REGION FROM THE DESIGNED TRANSPORT CORRIDOR «WESTERN EUROPE – WEST CHINA»
Grigorevskiy D.V., Chibilev A.A. (jr.), Padalko Yu.A. *208*

ORGANIZATIONAL-ECONOMIC FEATURES OF INTEGRATION OF SMALL ENTERPRISES IN AN INNOVATIVE PROCESS OF ENTERPRISES OF THE MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REGION
Ibragimov O.E. *215*

ENSURING FOOD SECURITY OF RUSSIA ON THE BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RURAL TERRITORIES
Kovalenko E.G. *220*

DETERMINANTS OF THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF ECONOMICS AND THE LABOR MARKET OF THE REGION
Kutaev Sh.K. *225*

IMPROVING COMPETITIVENESS AS A TOOL TO ACHIEVE THE FINANCIAL SECURITY OF AGRICULTURAL ENTERPRISES
Laptev S.V., Filina F.V. *229*

CLUSTER APPROACH TO FORMATION OF INNOVATIVE ENVIRONMENT OF SERVICE ORGANIZATIONS
Luneva E.A., Plokhikh Yu.V., Kulik N.A. *239*

ANALYSIS OF THE STATE OF READINESS OF NATIONAL ECONOMY OF KAZAKHSTAN FOR TRANSITION TO SCIENTIFIC STANDARDS
Sagieva R.K., Ziyadin S.T. *244*

CRITICAL PRODUCTION VOLUME EVALUATION MODELS AT MULTI-PRODUCT ENTERPRISES CONSIDERING MARKET RISK
Khalikov M.A., Nikiforova M.A. *248*

УДК 004:378.145

ЭНТРОПИЙНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПИСАНИЯ ЭКЗАМЕНОВ В ВУЗЕ

[1]Аль-Габри В.М., [1]Гранков М.В., [2]Долятовский В.А.

[1]Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: mv_2@mail.ru;
[2]Ростовский государственный экономический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: dvaleri@inbox.ru

Рассмотрена актуальная проблема управления успеваемостью студенческих групп вуза и оценки эффективности организации учебного процесса. Введено понятие средневзвешенной успеваемости учебных групп, под которой понимается отношение положительных оценок, полученных студентами группы, к общему числу студентов на экзамене. Этот показатель и распределение оценок групп считаются показателями качества обучения в вузе. Рассмотрены главные факторы, оказывающие влияние на результат экзаменационных сессий, и получены статистические оценки их влияния на результаты обучения. Проведены исследования академической и социальной адаптации студентов, построены уравнения регрессии для связи результатов обучения с основными влияющими факторами, оценено влияние ИТ на качество обучения. Доказано влияние последовательности экзаменов на результаты сессии, разработан метод их прогнозирования, рассчитаны энтропийные оценки повышения уровня организации учебного процесса, характеризующие эффективность применения средств поддержки образовательного процесса.

Ключевые слова: учебный процесс, успеваемость, учебная группа, энтропийные оценки, модель учебного процесса, прогнозирование результатов сессии

ENTROPICAL ANALYSIS FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE OF EXAMS TIMETABLING AT THE UNIVERSITY

[1]Al-Gabri V.M., [1]Grankov M.V., [2]Dolyatovskiy V.A.

[1]Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: mv_2@mail.ru;
[2]Rostov State Economic University, Rostov-on-Don, e-mail: dvaleri@inbox.ru

Considered an actual problem of managing the study groups' performance and evaluation then efficient of educational process organization. A new approach of weighted performance of the study groups was represented, which understood as a ratio of positive marks received by students of the group to the total number of students in the exam. This indicator and the distribution of group marks are considered as indicators of the quality of education. The main factors influencing the result of examination sessions and the degree of influence of these factors are considered. The article studied the academic and social adaptation of students, constructed a regression equation to make a link between learning outcomes and a number of different factors. The impact of IT on the quality of learning is evaluated. The influence of the sequence of exams on the results of the session was proved, a method for their forecasting was developed, calculated entropy estimations to increase the level of the educational process organization, characterizing the effectiveness of using facilities for supporting the educational process.

Keywords: educational process, academic performance, study group, entropy estimations, model of the educational process, forecasting the results of examination

Учебный процесс вуза является сложным объектом управления, его эффективность зависит от многих факторов. В ходе проводимой реформы системы образования возникают проблемы повышения эффективности учебного процесса для повышения качества подготовки специалистов [1, 2]. Проведены исследования академической и социальной адаптации студентов [3], построены уравнения регрессии для связи результатов обучения с рядом факторов, оценено влияние информационных технологий на качество обучения. Статистические исследования результатов сессий показали влияние системы экзаменов на результаты обучения [4, 5]. Проведен анализ успеваемости студентов, изучены разные факторы, влияющие на успеваемость [6, 7]. Однако задачи оценки влияния организационных факторов на результаты экзаменов пока не решены, не разработаны критерии оценки эффективности таких факторов учебного процесса, как последовательность экзаменов, качество преподавания, формирование групп студентов. Реализации задач, стоящих перед образовательной системой РФ, возможна только при наличии в вузах современной, высококачественной и высокотехнологичной информационно-образовательной среды [8]. Рассмотрев степень разработанности изучаемой проблемы в России, можно отметить, что исследования влияющих на учебный процесс факторов пока не многочисленны и недостаточно конструктивны, что свидетельствует об актуальности научных исследований по данной теме. В статье поставлены и решены задачи анализа учебного процесса и даны конструктивные рекомендации по повышению показателей успеваемости студентов.

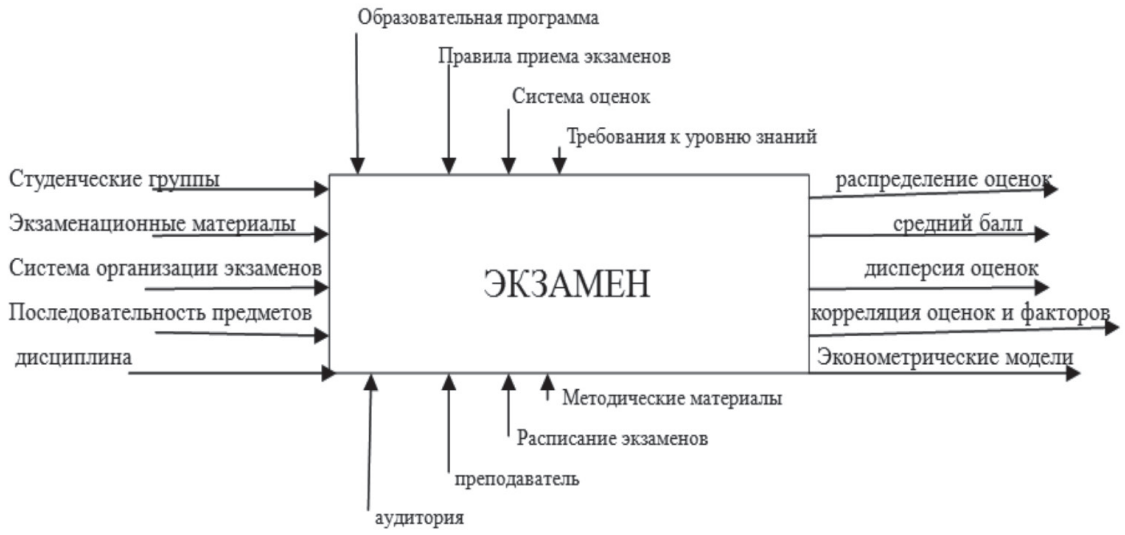


Рис. 1. Схематическое представление организации экзамена в вузе

Модель учебного процесса вуза

Учебный процесс представляет собой процесс:

$$P = (X, Y, T, R, t), \qquad (1)$$

где X – входы, Y – выходы или результаты процесса обучения, T – технология обучения (последовательность обучающих воздействий, определенная учебным планом), R – используемые ресурсы (преподаватели, методическое и техническое обеспечение, аудитории), t – время. Основным результатом применяемой технологии является средний балл успеваемости, который зависит от многих факторов:

$$Mb = f(Q_{\text{ОбПр}}, Q_{\text{мет}}, Q_{\text{преп}},$$

$$O_{\text{УпПр}}, O_{\text{экз}}, M, C, Q_{\text{абит}}, G), \qquad (2)$$

где $Q_{\text{ОбПр}}$ – качество образовательной программы; $Q_{\text{мет}}$ – качество методического обеспечения; $Q_{\text{преп}}$ – уровень и качество преподавания; $O_{\text{УпПр}}$ – уровень организации учебного процесса; $O_{\text{экз}}$ – уровень организации экзаменов в вузе; M – показатель мотивации и интереса студентов к обучению; C – сложность изучаемой дисциплины; $Q_{\text{абит}}$ – качество подготовки абитуриентов; G – показатель организации студенческих групп. Итоговые показатели в значительной степени зависят от организации экзаменов в вузе (рис. 1).

На результаты экзаменов оказывают влияние большое число объектов, процессов, факторов и условий различной природы. Экзамен проходит в студенческих группах, что усложняет применение стандартного аппарата параметрических статистик для анализа результатов. В [8] отмечается известный в психологии факт, что реальные законы, управляющие поведением людей в группах, сложнее, чем описываемые нормальным законом распределения. Но рассматривая учебную группу как некий интегратор этих процессов, можно предположить, что такие социальные группы могут быть классифицированы и могут иметь достаточно предсказуемое поведение. Будем рассматривать такие элементы учебного процесса, как 1) учебная группа; 2) экзаменатор (преподаватель); 3) дисциплина (предмет); 4) расписание экзаменов (сессии). Для повышения качества показателей обучения нужна система поддержки образовательного процесса» (СПОП), которая на основании статистического изучения влияния различных факторов на результаты процесса будет выбирать такие значения управляющих воздействий, которые позволят повысить эффективность обучения. Схематически эту систему можно представить рис. 2.

Система поддержки процесса обучения СПОП (рис. 2) включает четыре подсистемы и должна решить задачу формирования оптимального процесса обучения. Каждая специальность A_i требует определенных знаний C_{ik}. В зависимости от уровня сложности деятельности состав и соотношение разных знаний меняются. Взаимосвязи курсов образовательной программы Π_r отображаются ориентированным графом $\text{Ст}(\Pi, U)$, где $U = \{U_{ij}\}$ множество дуг, характеризующих связи курсов. Если Π_i и Π_j имеют дугу

U_{ij}, то $П_i > П$, и последовательность связей $П_1 > П_2 > \ldots > П_n$ формирует допустимую последовательность курсов. Таким образом, изучаемые дисциплины должны быть структурированы и упорядочены. В процессе обучения структура знаний должна быть согласована с возможностями их усвоения студентом. Для этого нужно минимизировать временные разрывы между курсами T_{ij} с учетом их весов w_{ij}:

$$G(T,W) = \sum_{C_T} \ell(T_{ij}) \cdot w_{ij} \to \min \qquad (3)$$

при ограничениях времени занятий $\sum T_{ik\ell} \le 27 \quad \forall_i(1,10)$ отведенных на дисциплину часов $C_T \subseteq C_{T\,доп}$.

$$\left(27 - \sum T_{ik\ell}\right) \le 4, \ \forall_i(1,10) . \qquad (4)$$

Решение этой задачи позволяет адаптировать расписания занятий к характеристикам обучающихся.

Статистический анализ степени удовлетворенности студентов

Поскольку мотивация студентов играет решающую роль в успехе обучения, был произведен анкетный опрос семи студенческих групп РГЭУ для получения оценок четырех факторов процесса обучения: организации учебного процесса x_1, качества методического обеспечения x_2, индивидуальной работы со студентами x_3 и уровня преподавателей x_4 [9]. Выборка достаточна ($p > 0,9$), студенты давали оценки по пятибалльной шкале. Результаты обработки показали средние оценки факторов (рис. 3).

Рис. 3 свидетельствует о том, что несмотря на положительные личностные качества преподавателей, студенты все же не удовлетворены непосредственно участием педагогов в работе с ними. Считая результатами обучения средние оценки опрошенных студентов y_i и учитывая влияния на них оцениваемых факторов, рассчитаем модель регрессии:

$$Y_i = 1,6 + 0,31x_1 + 0,66x_2 + 0,53x_3 + 0,79x_4;$$
$$R^2 = 0,8573. \qquad (5)$$

Все факторы влияют на средний балл положительно, особенно уровень преподавателей. Поскольку в анализируемой статистике имеется конечное количество состояний студентов b_j, соответствующих баллам 3, 4 и 5, можно рассчитать соответствующие им вероятности появления этих событий. Примем $w_j \equiv p_j$. Теперь вычислим энтропию для каждой дисциплины по формуле

$$H = \sum_j p_j \cdot \lg p_j . \qquad (6)$$

Так как все $p_j < 1$, то десятичные логарифмы от p_j будут меньше нуля. Поэтому возьмем для расчетов абсолютное значение энтропии. Расчеты энтропий распределений оценок студентов для разных дисциплин существенно различались, что характеризует сложность изучаемых дисциплин, а изменения энтропии во времени показывает рост организации и уровня знаний дисциплин. Результаты вычислений приведем в табл. 1.

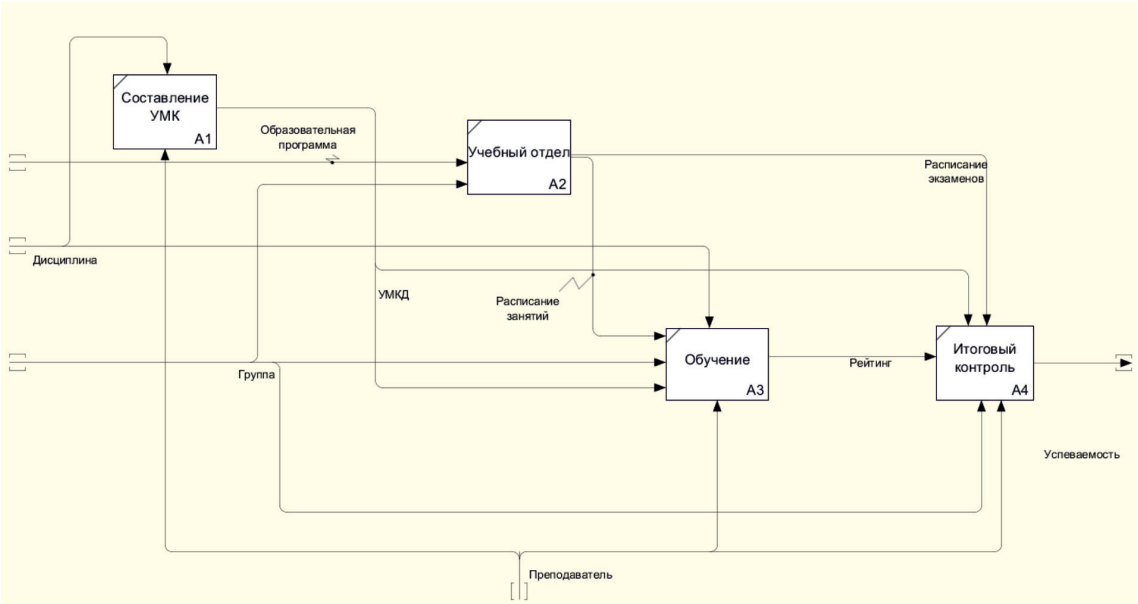


Рис. 2. Функциональная модель СПОП

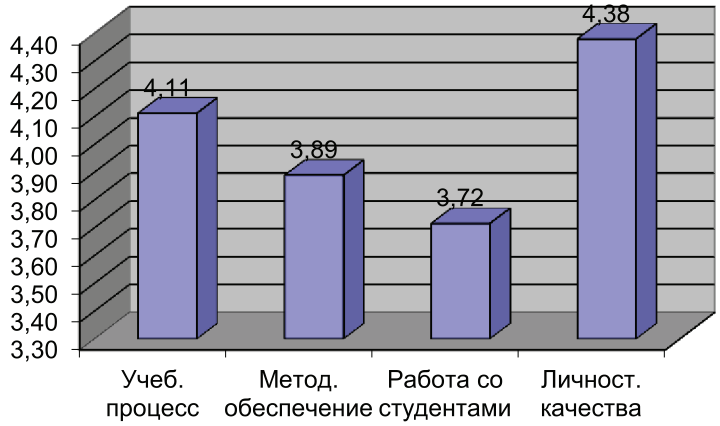


Рис. 3. Средние оценки факторов учебного процесса студентами

Таблица 1

Значения энтропии по дисциплинам и учебным годам

№ п/п	Предметы	Энтропия распределений оценок H_i		
		2013–2014	2014–2015	2015–2016
1	Экономическая теория	0,436	0,469	0,477
2	Математическое программирование	0,377	0,383	0,435
3	Управление офисом	0,461	0,422	0,427
4	Логические методы в менеджменте	0,407	0,39	0,449
5	Теория вероятностей и мат статистика	0,359	0,473	0,469

Чем выше энтропия предмета, тем более его неупорядоченность, чем меньше энтропия – тем меньше разброс значений вокруг средних значений (меньше дисперсия). Мера неупорядоченности дисциплин по годам уменьшается, что говорит о росте упорядоченности оценок и знаний студентов.

Математическая модель метода прогнозирования результатов сессии

Можно выдвинуть гипотезу о зависимости средних баллов студентов от последовательности экзаменов, которая была подтверждена на основе статистической проверки этой гипотезы [10]. Нулевые гипотезы H_{01}, H_{02} и H_{03} не могут быть приняты, и успеваемость групп зависит от преподавателей, дисциплин и последовательности экзаменов.

Для построения модели прогнозирования оценок на экзаменах от их порядка введем следующие определения: X_{ts} – значение ранга экзамена, X_s – значение ранга дисциплины, X_t – значение ранга экзаменатора. Рассмотрим мультипликативную композицию факторов в виде

$$y(X_e) = b_1 X_e^2 + b_2 X_e + b_3 . \qquad (7)$$

Будем рассчитывать показатель X_t по формуле

$$X_t = \left(\sum_{i=1}^{nt} n1t_i \Big/ \sum_{i=1}^{nt} n2t_i \right), \qquad (8)$$

где nt – число экзаменов, которые принял преподаватель t;

$n1t_i$ – число отрицательных оценок, которые поставил преподаватель t на экзамене i;

$n2t_i$ – общее число оценок, которые должен был поставить преподаватель t на экзамене i;

Аналогично находится ранг дисциплины X_s. Основываясь на предположении о влиянии расписания экзаменов на их результат [10], представим эту часть регрессионной модели в виде многочлена второго порядка от номера экзамена (X_e) в расписании сессии группы.

$$y(X_e) = b_1 X_e^2 + b_2 X_e + b_3 . \qquad (9)$$

Окончательно получим вид регрессионной модели для выходной переменной с помощью мультипликативной свертки гибридной переменной X_{ts} и квадратного трехчлена:

$$Y^* = X_{ts}(b_1 X_e^2 + b_2 X_e + b_3) , \qquad (10)$$

где Y^* – оценка успеваемости учебной группы на экзамене, который проводил препо-

даватель t, по дисциплине s, X_{ts} – ранг экзамена; X_e – номер экзамена в расписании сессии, b_1, b_2, b_3 – коэффициенты регрессии.

Уравнение регрессии (10) преобразуем в линейную форму с помощью вспомогательных переменных:

$$X_1 = X_{ts} \cdot X_e^2;\ X_2 = X_{ts} \cdot X_e;\ X_3 = X_{ts}. \quad (11)$$

В результате выполненных преобразований, уравнение регрессии (10) приобретает следующий вид:

$$Y^* = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3. \quad (12)$$

Уравнение в виде (10) назовем базовым уравнением регрессии, а уравнение (12) – вспомогательным уравнением регрессии.

Энтропийные оценки эффекта последовательности экзаменов

Стратегия управления учебным процессом заключается в выборе таких значений управляющих переменных процесса, которые дают наилучший ожидаемый результат. Для оценки эффекта применения более адаптивной к условиям вуза последовательности экзаменов в сессию были выбраны данные о результатах 132 групп студентов ДГТУ в зимнюю сессию 2013–2014 года. Выбраны только группы с четырьмя экзаменами. Статистика достаточна с $p > 0{,}9$. Для расчета прогнозов успеваемости групп на сессии использована описанная выше регрессионная модель $y(X_e) = b_1 X_e^2 + b_2 X_e + b_3$. Рассчитаны средние значения оценок для всех групп (табл. 2). Для выбора оптимальной последовательности экзаменов рассчитаны все варианты расписания (24 сочетания): {{1,2,3,4},{1,2,4,3},{1,4,2,3},{4,1,2,3},… {4,3,2,1}}.

Находится расписание с максимальным процентом успешных сдач сессии и для каждой группы рассчитаны два значения: реальные средние баллы и проценты успешных экзаменов (табл. 2). По формуле энтропии

$$H = \sum_{i=0}^{n} p_i * \lg p_i, \quad (13)$$

где p_i – доля оценок по сессиям; n – количество групп, рассчитаны энтропии распределений реальных оценок 132 групп студентов ДГТУ и прогнозируемые результаты и энтропии для наиболее эффективной последовательности экзаменов (табл. 2).

Таблица 2

Результаты расчетов реальных и прогнозируемых средних оценок и энтропий для рекомендуемой последовательности экзаменов (для четырех студенческих групп)

Реальные показатели успеваемости групп	Прогнозируемые показатели групп	*Реальный средний балл группы*	*Прогнозируемый средний балл группы*	*Реальное значение энтропии распределения оценок группы, хартли*	*Расчетная энтропия прогнозируемого распределения оценок, хартли*	*Изменение (энтропии при применении рекомендуемой последовательности экзаменов, хартли*
71,1	**71,3**	**3,52**	**3,57**	1,96	1,92	*0,04*
81,71	*82,1*	*4,08*	*4,11*	*2,51*	*2,49*	*0,02*
54,8	*56,2*	*2,7*	*2,8*	*1,26*	*1,20*	*0,06*
88,1	*88,5*	*4,2*	*4,4*	*2,83*	*2,85*	*0,03*

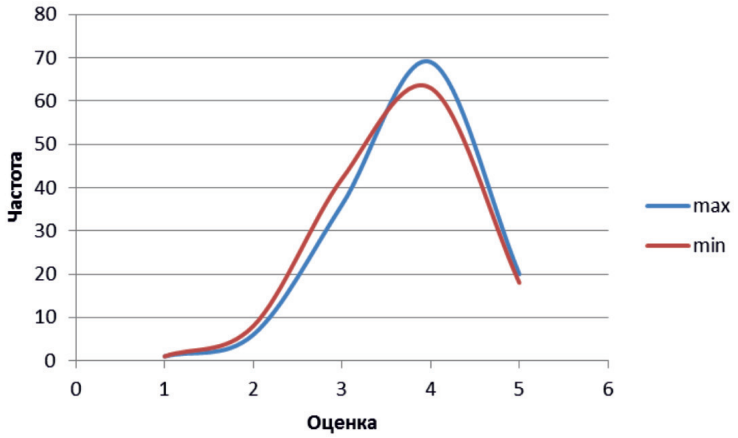


Рис. 4. Распределение оценок по максимальному и реальному расписанию

Результаты расчетов показали, что действительно при применении основанной моделированием последовательности экзаменов средние показатели успешности сдачи экзаменов, средние баллы увеличиваются, что отражается в снижении расчетных показателей энтропии. Суммарная энтропия реальных распределений оценок 132 групп равна 221,4 хартли, прогнозируемых распределений 215,22 хартли. Применение рекомендованной последовательности экзаменов снизило энтропию распределений на $\Delta H = 6{,}14$ хартли. Качественные изменения видны при сравнении распределений оценок (рис. 4).

Выводы

1. Внутренними факторами, которые наиболее явно влияют на успеваемость студентов, являются факторы качества организации учебного процесса и последовательность экзаменов.

2. Задачи построения расписаний занятий и экзаменов сходны по постановке, целям и методам решения и отличаются по размерности; размерность задачи построения расписания занятий в общем случае выше, чем значение этого параметра в задаче построения расписания экзаменов.

3. В результате системного анализа выявлены основные сущности Системы поддержки образовательного процесса: *учебные группы, предметы, преподаватели, расписания сессий*. Влияния различных факторов на студентов оценены на основе анкетного опроса, большое влияние на результаты оказывает уровень знаний преподавателей и организация учебного процесса.

4. Доказано путем проверки гипотез влияние последовательности экзаменов на их результаты.

5. Введены энтропийные оценки распределений оценок студентов на сессиях и доказано снижение энтропии при применении рациональной последовательности экзаменов.

Список литературы

1. Сосницкий В.Н., Потанин Н.И. Вероятностный подход к анализу успеваемости студентов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–3. – С. 734–738.

2. Муленга Г. Стратегии развития вузов на рынке образовательных услуг: на примерах вузов Ростовской области: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Муленга Годфрей; [Место защиты: Рост. гос. эконом. ун-т]. – Ростов-на-Дону, 2008. – 157 с.

3. Дорохина Е.С., Хорошко А.А. Реализация программы академической и социальной адаптации студентов 1 курса в техническом вузе // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 1. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1572.

4. Долятовский В.А., Мазур О.А., Мелешко Е.Н. Измерение и управление качеством подготовки специалистов с высшим образованием в регионе. Монография / под общ. ред. В.А. Долятовского. – Ростов-на-Дону – Невинномысск: СКНЦ ВШ-РГЭУ-НИЭУП, 2003. – 247 с.

5. Сосницкий В.Н., Потанин Н.И., Шевелева Л.В. Проблемы статистического анализа средней успеваемости студентов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–2. – С. 316–320.

6. Hansen J.B. Student Performance and Student Growth as Measures of Success: An evaluator's perspective. Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, Louisiana, April 25, 2000.

7. Chansarkar B.A., Michaeloudis A. Student profiles and factors affecting performance // Int. J. Math. Educ. Sci. Technol. – 2001. – vol. 32, № 1. – P. 97–104.

8. Новиков Д.А. Введение в теорию управления образовательными системами. – М.: Эгвес, 2009. – 156 с.

9. Долятовский В.А., Топилина Н.В. Инновационное управление вузом при адаптации к рынку образовательных услуг: Монография. – Таганрог: ТГПИ, 2013. – 186 с.

10. Гранков М.В., Аль-Габри В.М., Горлова М.Ю. Анализ и кластеризация основных факторов, влияющих на успеваемость учебных групп вуза // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 4.; URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3775.

УДК 004.054

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

[1–3]Ананченко И.В., [2]Распопа Е.А., [2]Хаджиев И.В.

[1]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», Санкт-Петербург;
[2]ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Санкт-Петербург, e-mail: elizaveta.raspopa.yandex.ru, ilya.khadzhiev@gmail.com;
[3]ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет», Санкт-Петербург, e-mail: igor@anantchenko.ru

Настоящая статья посвящена исследованию процесса тестирования интернета вещей, рассмотрены характерные особенности систем: динамическая среда, зависимости от качества аппаратного обеспечения, повышенная нагрузка на сеть, интеграция с облачными сервисами, обработка больших объемов данных, использование устройств разных поколений от различных производителей и разработчиков программного обеспечения и другое. Выполнен обзор перспектив развития и сдерживающих факторов роста сегмента интернета вещей. На примере рассмотрены основные процессы, влияющие на выбор методологии тестирования IoT-системы. Классические методы функционального и нефункционального тестирования находят применение и в контексте интернета вещей, однако на первый план выходят проблемы обеспечения информационной безопасности и совместимости. Приведены основные направления развития тестирования интернета вещей: тестирование безопасности, совместимости, обновлений, соответствия отраслевым стандартам, тестирование на этапе поддержки.

Ключевые слова: интернет вещей, тестирование, информационная безопасность, стандартизация

THE PROSPECTS OF TESTING THE INTERNET OF THINGS

[1–3]Ananchenko I.V., [2]Raspopa E.A., [2]Khadzhiev I.V.

[1]Saint-Petersburg State Technological Institute (Technical University), Saint-Petersburg;
[2]Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg National Research University Of Information Technologies, Mechanics and Optics», Saint-Petersburg, e-mail: elizaveta.raspopa.yandex.ru, ilya.khadzhiev@gmail.com;
[3]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Russian State Hydrometeorological University», Saint-Petersburg, e-mail: igor@anantchenko.ru

This article is devoted to the study of the process of testing the Internet of things discussed the characteristic features of the system: dynamic environment, based on quality of hardware, increased network load, integration with cloud services, handling large amounts of data, use of devices of different generations from different manufacturers and software developers, and more. Produced the review of development prospects and constraints for the growth of IOT. For example, consider the main processes influencing the choice of testing methodology IoT system. Classical methods of functional and non-functional testing applications in the Internet of things context, however, to the fore issues of information security and compatibility. The article presents the main directions of development testing the Internet of things: security testing, compatibility, updates, compliance with industry standards, testing phase support.

Keywords: Internet of things, testing, information security, standardization

Активное развитие сегмента интернета вещей направлено на автоматизацию процессов в различных сферах деятельности, в том числе и в повседневной жизни: «умный дом», «умный транспорт», финансовые услуги, сфера здравоохранения. Также интернет вещей находит широкое применение в производственных процессах, например использование систем мониторинга позволяет узнать о проблемных местах системы до выхода ее из строя. В России в 2017 г. по объему enterprise-рынка интернета вещей лидирует транспортная отрасль, далее идут промышленность и финансовая сфера, в сфере сельского хозяйства отмечается самый низкий уровень внедрения IoT-систем. На развитие интернета вещей в России влияют несколько сдерживающих факторов: в основном это устаревшие требования стандартизации и относительно низкий уровень информатизации некоторых отраслей экономики, сложность изменения производственных процессов и внедрения IoT-продуктов в существующую информационную среду.

Появление на рынке новых технологий оказывает существенное влияние на процессы тестирования программного обеспечения. Так, с появлением смартфонов и мобильных приложений возникли новые условия, требующие применения нового подхода к тестированию: специфиче-

ские операционные системы, обмен данными с помощью портов USB, Bluetooth, Wi-Fi, устройства различных производителей, конфигурации комплектующих, touch-интерфейс, проблемы организации памяти, адаптация приложения к портретной и альбомной ориентациям устройства и т.д. В процессе тестирования мобильных устройств и приложений особое внимание уделяется проведению испытаний в условиях, приближенных к реальным сценариям эксплуатации, в том числе стрессовых: со слабым подключением к сети, неточным определением местоположения, в условиях входящих звонков, нахождения в режиме ожидания и др.

Развитие технологий интернета вещей – развитие сети, объединяющей множество объектов: индивидуальные устройства, медицинское оборудование, транспортные средства и др., ставит новые задачи перед специалистами по обеспечению качества. Согласно модели Роба ван Кроненбурга, IoT включает в себя четыре слоя:

1. BAN (body area network) – индивидуальные устройства.

2. LAN (local area network) – устройства, объединенные в «умный дом».

3. WAN (wide area network) – «умное» городское пространство.

4. VWAN (very wide area network) – глобальная инфраструктура, повсеместная компьютеризация [1].

Таким образом, обеспечение непрерывности, устойчивости и безопасности в IoT-сетях выходит на первый план, а значит, процессы тестирования будут активно развиваться с появлением новых типов устройств и расширением сети. В качестве примера рассмотрим фитнес-трекер: на устройстве расположены датчики сердечного ритма и электропроводимости кожи, GPS-модуль, термометр, акселерометр. На тестирование устройства и программного обеспечения влияют следующие процессы:

1. Интеллектуальное устройство принимает полученные от датчиков данные и вычисляет другие параметры, такие как количество пройденных шагов, потраченных калорий, время активной деятельности.

2. Устройство синхронизируется с другим мобильным устройством и, возможно, с облачным сервисом для детального анализа данных.

3. Пользователь имеет возможность просматривать и вводить данные как на самом приборе, так и с помощью синхронизируемых приложений.

4. Пользователь может эксплуатировать устройство в стрессовых условиях, как физически воздействующих на прибор (механическое воздействие, прямой солнечный свет, повышенная влажность), так и связанных с работой программного обеспечения (слабый сигнал, неточное определение местоположения, проблемы синхронизации).

Таким образом, среди основных сложностей тестирования IoT-продуктов можно выделить:

1) IoT характеризуется динамической средой – взаимодействием множества различных устройств с интеллектуальным программным обеспечением;

2) точность и качество аппаратного обеспечения;

3) повышенная нагрузка на сеть;

4) выполнение трудоемких задач в режиме реального времени;

5) обработка больших объемов данных;

6) использование компонентов от сторонних разработчиков;

7) использование многофункциональных устройств;

8) сложность построения тестового окружения, отвечающего требованиям масштабируемости и надежности [2].

В общем случае интернет вещей включает в себя три компонента – аппаратное обеспечение, программное обеспечение и коммуникации. Процессы тестирования каждого компонента в отдельности налажены, однако в контексте IoT на первый план выходят проблемы совместимости систем и обработки больших объемов данных. Для эффективного тестирования IoT-систем необходима продуманная стратегия и формирование четких требований, так как дополнительной сложностью является отсутствие формализованных стандартов в данной области, что осложняет не только процесс тестирования и интеграцию IoT-систем, но и сдерживает рост данного сегмента рынка.

В контексте интернета вещей проблемы обеспечения информационной безопасности становятся особенно важными, так как к 2020 г. количество устройств, подключенных к сети Интернет, возрастет до 50–100 миллиардов [3]. Под потенциальной угрозой оказывается все большее количество устройств, и часто разработчики программного обеспечения пренебрегают тщательной защитой IoT-устройств. С распространением интернета вещей растут риски, связанные с обеспечением информационной безопасности: цена ошибки устройства на атомной электростанции значительно выше цены ошибки «умного дома». В безопасности информационных систем можно выделить три аспекта: конфиденциальность, целостность и доступность [4]. Рассмотрим тестирование безопасности IoT-систем в рамках каждого из этих трех направлений.

Первая угроза конфиденциальности в IoT-системах – незаконное наблюдение и вторжение в частную жизнь. Устройства из интернета вещей могут быть расположены повсеместно: камеры слежения на перекрестках, датчики на автомобилях, приборы в бытовой технике и так далее – все эти устройства могут предоставить злоумышленникам несанкционированный доступ к персональной информации людей. Например, может быть получена информация о времени нахождения или отсутствия жильцов в доме; может производиться трансляция с помощью веб-камеры без ведома ее владельцев и т.д. В 2013 г. Федеральная торговая комиссия подала жалобу на компанию производителя беспроводных камер TRENDnet Inc [5], на тот момент в интернете уже были распространены ссылки для несанкционированного доступа примерно к семи сотням камер. Следующая угроза конфиденциальности – профилирование данных. Сбор данных с многочисленных датчиков и устройств одного пользователя позволяет получать информацию о его образе жизни, предпочтениях и на основе этой информации, например, предоставлять целевую рекламу.

В аспекте доступности устройства интернета вещей являются крайне опасным инструментом для атаки на другие инфраструктуры. В качестве примера можно привести атаку на сеть французского хостинг-провайдера OVH [6], которая была осуществленная посредством ботнета, включающего более ста пятидесяти тысяч IoT-устройств, мощность атаки составляла 1 Тб/с. Наиболее уязвимыми для взлома являются встраиваемые устройства, имеющие доступ к интернету, не содержащие надежных средств защиты от атак ввиду ограничений операционной системы. Пример такого устройства – встроенная в ноутбук веб-камера: после настройки устройства пользователь о нем забывает, редко обновляет программное обеспечение, оставляя уязвимости неустраненными. Часто на таких устройствах остаются неизмененными данные для процедуры аутентификации, выставляемые производителями устройств, что облегчает злоумышленнику получение доступа, например, к роутеру при помощи ввода логина и пароля по умолчанию [7]. Наиболее распространенные логины, использующиеся во вредоносных программах: «root», «admin», «DUP root», «ubnt», «access», «DUP admin», «test», «oracle», «postgres», «pi». Известные часто используемые пароли: «admin», «root», «123456», «12345», «ubnt», «password», «1234», «test», «qwerty», «raspberry» и др.

Для того, чтобы безопасно использовать устройство, конечный пользователя должен знать, что использование паролей, выставленных по умолчанию, недопустимо, а также то, что следует использовать достаточно сложные пароли. Наилучшее решение – использование сложных для подбора методом перебора паролей изначально. Целость данных, хранящихся на IoT-устройствах или передаваемых ими, учитывая сферы использования этих устройств, велика. Например, изменение содержимого сообщения от датчика на электростанции или заводе, может привести к аварии. Изменение целостности программного обеспечения устройств облегчает злоумышленнику получение доступа к огромным сетям IoT-устройств, а получив доступ, он может использовать их для атак на другие объекты инфраструктуры.

В настоящее время нет единого подхода к тестированию IoT-систем, однако для тестирования применяются классические методы с учетом характерных особенностей систем:

1. Тестирование взаимодействия протоколов и устройств различных стандартов и спецификаций.

2. Тестирование конфиденциальности и безопасности, включающее в себя такие аспекты, как защита данных, аутентификация устройств, шифрование данных. Проводится тестирование на проникновение, для выявления уязвимостей, которыми может воспользоваться злоумышленник для атаки. С помощью статических тестов анализируется программный код с целью нахождения возможных уязвимостей; динамические тесты проводятся в процессе нормальной работы приложения и анализируют сетевой трафик, использование памяти и т.д.

3. Тестирование сетевых подключений предполагает оценку количественных и качественных показателей производительности IoT-системы в реальных условиях, включая различную топологию сети, условия среды, мощность сигнала.

4. Нагрузочное тестирование направлено на проверку взаимодействия IoT-устройств с сетевой инфраструктурой – учитываются уязвимости устойчивости к IoT-трафику и поддержания соединения. В контексте IoT, при проведении тестирования, необходимо учитывать, как характеристики сети (пропускную способность, нагрузку, потери пакетов, джиттер), так и технические показатели устройства (использование памяти, потребление ресурсов, температура).

5. Функциональное и нефункциональное тестирование IoT-системы, включая usability-тестирование и возможности взаимодействия с пользователем [8].

6. Тестирование обновлений. IoT – это комбинация различных платформ, протоколов, аппаратного обеспечения и сетевых средств, поэтому требуется тщательное регрессионное тестирование. Общая стратегия должна включать пункты, учитывающие сложности, связанные с обновлениями, а именно: возвратом устройства в исходное состояние в случае неудачи в обновлении, нагрузки на сеть в процессе загрузки обновления, регистрация устройства в центре управления после рестарта, проверки целостности пакета обновлений, удалении старых файлов после обновления и т.д.

Рынок IoT активно развивается и предоставляет множество возможностей для внедрения не только новых продуктов для конечных пользователей, но также инструментов и услуг для разработчиков. Широкое применение информационных технологий в повседневной жизни оказало существенное влияние на процессы разработки: высокая конкуренция вынуждает производителей тщательно следить за качеством выпускаемых продуктов. Дальнейшее развитие как интернета вещей, так и других перспективных направлений, таких как Big Data и Data Fusion [9], системы логистики и телемедицины, облачных технологий, технологий виртуальной реальности, приведет к возникновению новых требований и стандартов, активное развитие рынка способствует возникновению новых продуктов и услуг. Отметим и то, что конечные потребители становятся все более требовательными к качеству продуктов и услуг, а значит, растет необходимость пересмотра существующих процессов технической поддержки. Таким образом, можно выделить следующие направления развития практик тестирования в контексте интернета вещей:

1. Тестирование безопасности, в частности необходимо учитывать специфические уязвимости интернета вещей: слабая аутентификация пользователей, использование стандартных учетных записей; отсутствие технической поддержки со стороны производителей для устранения уязвимостей; сложность обновления программного обеспечения и операционной системы; использование текстовых протоколов и ненужных открытых портов; уязвимость одного устройства становится уязвимостью всей сети; использование незащищённых мобильных технологий, облачной инфраструктуры, небезопасного стороннего программного обеспечения.

2. Тестирование совместимости – на первый план выходят проблемы совместимости в гетерогенных сетях, с использованием устройств разных производителей и поколений, многофункциональных устройств, интеграция облачных сервисов.

3. Новые задачи стандартизации интернета вещей: в настоящее время вопросами стандартизации интернета вещей занимаются международные группы Ассоциации специалистов в области разработки стандартов по радиоэлектронике и электротехнике и группа Международного союза электросвязи [10]. На текущий момент разработаны базовые стандарты, а также ведется работа по адаптации существующих стандартов в сфере инфокоммуникаций в контексте интернета вещей. Однако переход к глобальной инфокоммуникационной среде предполагает возникновение не только новых технологий и продуктов, но также концепций, бизнес-моделей и путей их внедрения в существующую инфраструктуру. Существующие процессы стандартизации выступают сдерживающим фактором на пути развития интернета вещей и нуждаются в реструктуризации, а следовательно, будут меняться подходы тестирования на соответствие отраслевым стандартам.

4. Тестирование обновлений: интернет вещей представляет собой комбинацию различных устройств, программного обеспечения, протоколов, а значит, при обновлении одного компонента может произойти сбой в любом участке сети – главной задачей является оптимизация регрессионного тестирования.

5. Техническая поддержка: одна из важнейших проблем в настоящее время – трудность или даже невозможность обновления некоторых программных продуктов; в связи с потенциальными проблемами совместимости пользователи часто с недоверием относятся к установке обновлений и игнорируют его. Необходимо уделять больше внимания процессам тестирования на этапе поддержки, резервировать время на установление причин неполадок, на тщательное регрессионное тестирование после внесения изменений. Также немаловажен контакт с потребителем. Налаженные процессы коммуникации с пользователями позволят производить поиск и устранение неполадок, а также обновление системы с наименьшими издержками. С развитием интернета вещей техническая поддержка будет осуществлять не только мониторинг функциональных проблем, но и сопровождать процессы необходимых обновлений для исключения уязвимостей системы.

Список литературы

1. Роб ван Краненбург: Что такое IoT? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://internetofthings.ru/78-

blog/21-rob-van-kranenburg-chto-takoe-iot (дата обращения: 28.08.2017).

2. Testing IoT Applications – A Perspective [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.infosys.com/IT-services/validation-solutions/Documents/testing-iot-applications.pdf (дата обращения: 28.08.2017).

3. Perera C. Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey/ C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, D. Georgakopoulos // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2014. – №1. – С. 414-454.

4. CIA Triad [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://resources.infosecinstitute.com/category/certifications-training/cissp/domains/security-and-risk-management/the-security-cia-triad (дата обращения: 28.08.2017).

5. Marketer of Internet-Connected Home Security Video Cameras Settles FTC Charges It Failed to Protect Consumers' Privacy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ftc.gov/news-events/press-releases/2013/09/marketer-internet-connected-home-security-video-cameras-settles (дата обращения: 28.08.2017).

6. Более 150 000 IoT-устройств были задействованы в ходе DDoS-атаки мощностью 1 Тб/с [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xakep.ru/2016/09/30/ovh-ddos (дата обращения: 28.08.2017).

7. IoT devices being increasingly used for DDoS attacks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.symantec.com/connect/blogs/iot-devices-being-increasingly-used-ddos-attacks (дата обращения: 28.08.2017).

8. Долгушев Р.А. Обзор возможных видов и методов тестирования интернета вещей / Р.А. Долгушев, Р.В. Киричек, А.Е. Кучерявый // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2016. – № 2. – С. 1–11.

9. Технологии слияния гетерогенной информации из разнородных источников (Data Fusion) / И.В. Ананченко, А.В. Гайков, А.А. Мусаев // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2013. – № 19 (45). – С. 98–105.

10. Сарьян В.К. Прошлое, настоящее и будущее стандартизации Интернета вещей // Труды НИИР. – 2014. – № 1 [Электронный ресурс]. – URL: http://niir.ru/news/zhurnal-trudy-niir/articles/proshloe-nastoyashhee-i-budushhee-standartizacii-interneta-veshhej/ (дата обращения: 27.09.2017).

УДК 519.6

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ СИММЕТРИЧНОЙ СХЕМЫ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ НА БАЗЕ АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ «КУЗНЕЧИК»

Бабенко Л.К., Санчес Россель Х.А.

ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: blk@ya.ru, jasroda@mail.ru

Настоящая статья посвящена разработке и реализации симметричной схемы цифровой подписи на базе блочного алгоритма шифрования «Кузнечик». Первыми на возможность создания симметричной схемы ЭЦП указали исследователи Диффи и Хеллман, однако в то время, когда они разрабатывали свою схему подписи, не было достаточно стойких классических алгоритмов шифрования, поэтому их идея не получила большого распространения. В работе описан новый российский стандарт шифрования ГОСТ Р 34.10-2012, описаны алгоритмы реализации цифровой подписи, основанные на схеме Диффи и Хеллмана с модификацией битовых групп, предложенной Б.В. Березиным и П.В. Дорошкевичем, которая позволяет обойти ряд классических недостатков подобных схем цифровой подписи. Приведена информация о технических параметрах реализации предлагаемой схемы цифровой подписи.

Ключевые слова: криптография, цифровая подпись, симметричное шифрование, Кузнечик, блочный шифр

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE SYMMETRIC DIAGRAM OF THE DIGITAL SIGNATURE ARE BASED ON THE ALGORITHM OF THE «KUZNETCHIK» ENCRYPTION

Babenko L.K., Sanches Rossel Kh.A.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education Southern Federal University, Taganrog, e-mail: blk@ya.ru, jasroda@mail.ru

This present paper reports on the results of the development and implementation of a symmetric digital signature scheme on the basis of a block encryption algorithm «Grasshopper». First the possibility of creating a symmetric digital signature scheme, proposed the researchers Diffie and Hallman, but at the time when they developed their signature scheme was not enough proof of the classical encryption algorithms, so the idea has not received wide acceptance. The paper describes a new Russian encryption standard GOST R 34.10-2012 are described and the algorithms for the implementation of digital signature scheme based on Diffie and Hellman with the modification of bit groups proposed by B.V. Berezin, and V.P. Doroshkevich, which avoids a number of classical shortcomings of such schemes a digital signature. The information on technical parameters of implementation of the proposed digital signature scheme is provided.

Keywords: cryptography, digital signature, symmetric encryption, Grasshopper, block cipher

В настоящее время повсеместно используются асимметричные схемы цифровой подписи. В Российской Федерации действующим стандартом такой цифровой подписи является ГОСТ Р 34.10-2012 [1].

Как показали предыдущие исследования [2], ассиметричные схемы являются достаточно криптостойкими, однако, нет гарантий, что в будущем такие ЭЦП не будут взломаны, так как нет теоретического доказательства того, что задачи дискретного логарифмирования в группе точек эллиптической кривой, на которых они базируются, не могут быть решены.

Таким образом, перспективным направлением представляется работа над созданием и исследованием симметричных схем цифровой подписи, использующих «классические» блочные шифры в своей основе.

Первыми на возможность создания симметричной схемы ЭЦП указали исследователи Диффи и Хеллман [3], однако в то время, когда они занимались этим вопросом, не было достаточно стойких классических алгоритмов шифрования, поэтому их идея не получила большого распространения. Сегодня же существует достаточное количество блочных шифров, обладающих высокой криптостойкостью [4–6]. В частности, в июне 2015 г. в РФ утвержден новый стандарт в области криптозащиты ГОСТ Р 34.12-2015, который описывает шифр «Кузнечик», представляющий собой *sp*-сеть [7, 8].

Согласно ГОСТ Р 34.12-2015 128-битный блок информации на входе шифруется следующим образом:

$$E_{k1,\ldots,k10}(a) = X[K_{10}]LSX[K_9]\ldots X[K_2]LSX[K_1](a). \quad (1)$$

Для дешифрования используются те же преобразования, которые применяют в обратном порядке:

$$D_{k1,...k10}(a) = X[K_1]S^{-1}L^{-1}X[K_2]...S^{-1}L^{-1}X[K_9]S^{-1}L^{-1}X[K_{10}](a)\,. \quad (2)$$

Схема цифровой подписи Диффи и Хеллмана в своей основе содержит три алгоритма:

1. Алгоритм G выработки ключевой пары:

$$K_S = (K_0, K_1) = R. \quad (3)$$

2. Алгоритм S выработки цифровой подписи для бита t ($t \in 0, 1\}$):

$$s = S(t) = K_t. \quad (4)$$

3. Алгоритм V проверки подписи для нашего t:

$$V(t,s,K_C) = \begin{cases} 1, E_S(X_t) = C_t \\ 0, E_S(X_t) \neq C_t \end{cases}. \quad (5)$$

где K_C – ключ для проверки, который вычисляется по формуле (6) в виде результата двух процедур шифрования по алгоритму E_k:

$$K_C = (C_0, C_1), \quad (6)$$

где $C_0 = E_{K0}(X_0)$, $C_1 = E_{K1}(X_1)$, блоки X_0 и X_1 известны всем участникам обмена информацией.

Помимо отсутствия надежного шифра распространению схемы Диффи и Хеллмана помешал ряд существенных недостатков, которыми эта схема обладала, среди которых можно выделить то, что алгоритм ЭЦП поддерживает возможность подписи только одного бита, а также в процессе подписи рассекречивается половина ключа.

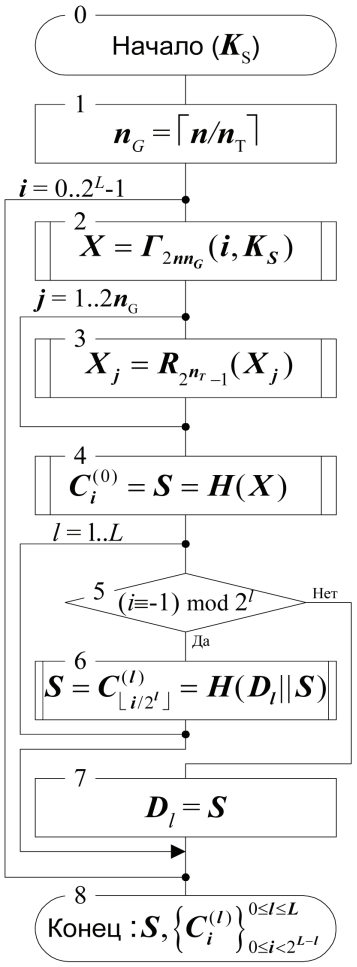


Рис. 1. Алгоритм получения ключа проверки ЭЦП

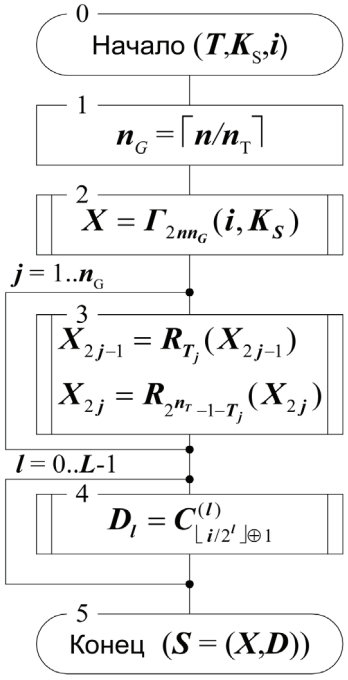


Рис. 2. Алгоритм подписи хэш-кода массива данных

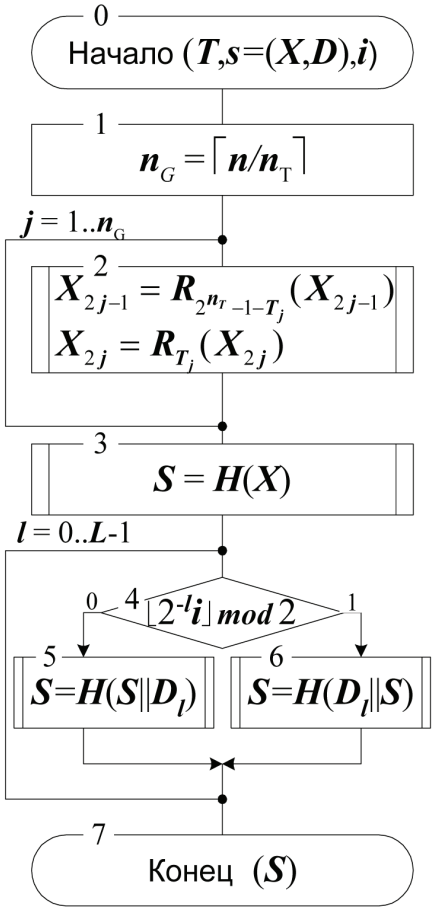


Рис. 3. Алгоритм проверки подписи хэш-блока

Для преодоления этих недостатков предлагается использовать модификацию битовых групп, предложенную Б.В. Березиным и П.В. Дорошкевичем [9].

Модифицирование заключается в подписи целых наборов бит и осуществляется следующим образом: пусть $n \le n_k$ и расширение n в n_K-битовые блоки осуществляется процедурой $Y = P_{n \to nK}(X)$, $|X| = n$, $|Y| = n_K$, тогда функция «односторонней криптографической прокрутки» блока T размером n бит k раз определяется рекурсивной функцией

$$R_k(T) = \begin{cases} T, k = 0, \\ E_{P_{n \to n_k}(R_{k-1}(T))}(X), k \succ 0, \end{cases} \quad (7)$$

где X – случайный n-битовый блок информации.

Функция осуществляет k раз процедуры:

1) расширение n блока T до размерности n_k,

2) на полученном T зашифровать блок информации X,

3) результат второго пункта внести T.

Ниже приведены алгоритмы симметричной схемы цифровой подписи, использующей в качестве алгоритма шифрования блочный шифр «Кузнечик».

Ключ формируется с помощью генератора псевдослучайных кодов.

Схемы алгоритмов цифровой подписи представлены на рис. 1–3.

Данная схема была реализована программным путем на языке высокого уровня C++ (рис. 4).

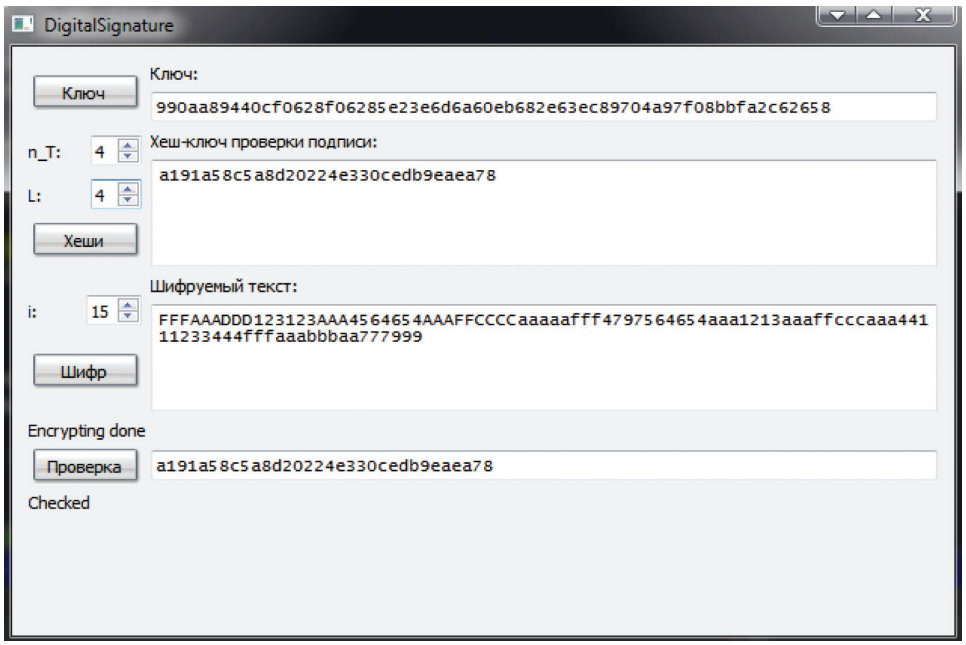


Рис. 4. Программная реализация, где: n_T – длина подблока; L – фактор подписи; i – входной параметр

Для реализации использовались библиотеки libgcc_s_dw2-1.dll, libstdc++-6.dll, libwinpthread-1.dll, Qt5Cored.dll, Qt5Guid.dll, Qt5Widgetsd.dll. В рамках программы использованы расширения стандартных unit64_t до 128 и 256 бит. Сборка программы осуществлялась с библиотеками Qt 5.7.0 под компилятор «MinGW». Для генерации ключа использовался криптостойкий генератор, интегрированный в программу.

Так, например, при параметрах $n_T = 2$, $L = 1$, $I = 1$ время проверки подписи на тестовом стенде (таблица) занимает 1018 милисекунд.

Характеристики тестового стенда

Материнская плата	Supermicro, X9DR3-F, Версия BIOS American Megatrends Inc. 1.1, 03.10.2012
Процессор	AMD A10-5750M APU with Radeon(tm) HD Graphics 2.50 GHz
ОЗУ	8 Гб
Жесткий диск	256 Gb SSD
ОС	Windows 8

Таким образом, данная схема имеет следующие достоинства:

1. Механизмы выработки, получения и проверки ключей и подписи работоспособны и достаточно просты.

2. Для подписи бита t необходимо по отношению к s решить $E_s(X_t) = C_t$, т.е. это невозможно, если неизвестен ключ.

3. Так как алгоритм криптостойкий и $t \in \{0,1\}$, поэтому подобрать подходящий к подписи t не представляется возможным.

4. Только стойкость шифра оказывает влияние на ЭЦП.

Работа выполнена при поддержке гранта Минобрнауки № 2.6264.2017/8.9.

Список литературы

1. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи. ГОСТ Р 34.10-2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 33 с.

2. Бабенко Л.К., Санчес Россель Х.А. Анализ новых российских криптографических алгоритмов с целью их интеграции в инфокоммуникационные структуры Боливарианской Республики Венесуэла // Информатизация и связь. – 2016. – № 2. – С. 117–120.

3. Diffie W., Hellman M.E. New Directions in cryptography// IEEE Trans. Inform. Theory, IT-22, vol 6 (Nov. 1976). – P. 644–654.

4. Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования. ГОСТ 28147-89. – М.: Госстандарт СССР, 1989. – 28 с.

5. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. ГОСТ Р 34.12–2015. – М.: Стандартинформ, 2015. – 25 с.

6. Sanchez Rossel Jose Agustin. Analysis of public encryption standard russian gost 28147-89 with a view to its integration in information and communication patterns of the Bolivarian Republic of Venezuela // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 9(40), ч. 2. – С. 86–88.

7. Бабенко Л.К., Ищукова Е.А., Ломов И.С. Математическое моделирование криптографического алгоритма «Кузнечик» // Информационное противодействие угрозам терроризма. – 2015. – № 24. – С. 166–176.

8. Санчес Россель Хосе Агустин. Исследование нового российского алгоритма криптографических преобразований «Кузнечик» // Теоретические и практические проблемы развития современной науки сборник материалов IX Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 33–35.

9. Березин Б.В., Дорошкевич П.В. Цифровая подпись на основе традиционной криптографии // Защита информации. – М.: МП «Ирбис-II»,1992. – вып. 2. – С. 93–98.

УДК 629.3.027

УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРУЖИННОГО МЕХАНИЗМА ПОДВЕСКИ

Белов В.В., Капитонов Ф.В., Петров К.М.

ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», Чебоксары, e-mail: belovdtn@gmail.com

В статье рассмотрена методика оптимизации пружинных механизмов, где авторы особо отмечает, что имеющиеся методики принимают за основной параметр оптимизации жёсткость пружины. Даны результаты исследования физической модели механизма подвески с пружиной растяжения. Эксперименты проведены при изменении только угла между рычагами подвеса. В ходе эксперимента исследовалось усилие в точке подвеса исполнительного рабочего органа. Результаты экспериментальных исследований представлены в графической форме, показали, что изменение усилия в высокой степени зависит от угла между рычагами подвеса. Полученные результаты исследования приведенного усилия пружины в точку подвеса при углах 60°; 76°; 87° доказывают изменчивость упругой характеристики механизма подвески, а также подтвердили несостоятельность известных методов оптимизации пружинных механизмов. Исследования разных вариантов механизма подвески показали, что имеется возможность изменения стабильности выходного усилия на исполнительные устройства за счет изменения угла между рычагами подвеса рабочего органа. Рассмотренная авторами методика оптимизации параметров механизма подвески принципиально дополняет существующую методику оптимизации пружинных механизмов. В то же время авторами экспериментально доказана необходимость учета изменчивости упругой характеристики механизма подвески в зависимости от величины угла между двуплечим рычагом, которая может быть как возрастающей, так и убывающей.

Ключевые слова: методика, эксперимент, механизм, подвеска, пружина, упругие характеристики, исследование, оптимизация, параметры

THE SPECIFIED TECHNIQUE OF THE RESEARCH SPRING PENDANT MECHANISM

Belov V.V., Kapitonov F.V., Petrov K.M.

Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, e-mail: belovdtn@gmail.com

In article the technique of optimization of spring mechanisms where authors especially focus attention that the available techniques take rigidness of a spring for the key parameter of optimization is considered. Results of a research of physical model of the mechanism of a pendant with an extension spring are yielded. Experiments are made in case of change only of an angle between suspension levers. During the experiment the effort in a point of a suspension of the executive working body was researched. Results of the pilot studies are provided in the graphic form which showed that effort change highly depends on an angle between suspension levers. The received results of a research of the given spring force in a suspension point in case of angles 76°; 87°; 60° prove variability of the elastic characteristic of the mechanism of a pendant and also confirmed insolvency of the known methods of optimization of spring mechanisms. Researches of different versions of the mechanism of a pendant showed that there is a possibility of change of stability of output effort to actuation mechanisms due to change of an angle between levers of a suspension of a working organ. The technique of optimization of parameters of the mechanism of a pendant considered by authors essentially adds the existing technique of optimization of spring mechanisms. At the same time by authors experimentally it is proved need of accounting of variability of the elastic characteristic of the mechanism of a pendant depending on value of an angle between the dvuplechy lever which can be, both increasing, and decreasing.

Keywords: technique, experiment, mechanism, pendant, spring, elastic characteristics, research, optimization, parameters

Пружинные механизмы (далее МП) – очень древние изобретения человеческого ума. Многие машины, такие как автотранспорт, гусеничные машины, сельскохозяйственные и другие, имеют в качестве подвески рычажные механизмы с пружинами растяжения или сжатия. Полагаем, что использование деревянных пружин было одним из самых ранних. Например, использование усилия изгиба деревянных жердей и т.д. На современном этапе развития техники используются в основном стальные пружины.

Анализ известных механизмов подвески в разных отраслях машиностроения и в литературных источниках показывает, что в настоящее время для исследователей и проектировщиков-конструкторов нет однозначного ответа и четких указаний по выбору параметров оптимизации пружинного механизма подвески [1, 4, 5].

Например, И.А. Беляев при проектировании МП токоприемников электроподвижного состава рекомендует принимать соотношение длины рычага присоединения пружины в пределах 0,08–0,10 по отношению к длине нижних подъёмных рамок, а среднее значение угла между осями рычагов двуплечего рычага $\gamma = 60$ град. Указанные соотношения, как показали

наши исследования, не всегда приводят к соответствию механизма требуемым характеристикам.

Й. Раймпель отмечает: «Инженерный расчет должен быть экономически приемлем. При правильном его проведении с помощью понятных формул результат может быть быстро получен, при этом следует пренебрегать теми факторами, влияние которых незначительно», также указывает, что мягкая подвеска лучше обеспечивает сцепление с дорогой, чем жесткая подвеска, а недостаток мягкой подвески – увеличенный крен на поворотах [4].

Однако, как неоднократно отмечалось в работах профессора В.В. Белова [1], при проектировании и исследовании вертикальных колебаний МП в теории автомобильной техники не учитывается нелинейность изменения нагрузки на колесо, что не позволяет использовать весь потенциал МП и спроектировать его с требуемой упругой характеристикой.

Упругая характеристика автомобильных подвесок также зависит от всех параметров МП. В связи с отсутствием четкой теории и методики оптимизации при проектировании МП автомобилей разные авторы рекомендуют разный подход по оптимизации их параметров.

Аналогичное разночтение наблюдается при проектировании МП рабочих органов сельскохозяйственных машин, где самый многочисленный вариант МП, например на один зерноуборочный или кормоуборочный комбайн на некоторых модификациях устанавливают около 20 штук МП разных конструкций и соотношений звеньев [2, 5]. Спроектированные таким образом МП разных машин не всегда удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям по упругой характеристике [1, 3, 4].

В основном исследователи считают, что колебательный процесс вызывается восстанавливающей силой, которой является сила упругости пружин [3–5]. В разработанных В.В. Беловым теоретических положениях анализа и синтеза пружинных механизмов [1] отмечается, что сила упругости пружины не всегда является восстанавливающей силой, а только при определенных соотношениях звеньев.

Цель исследования

В связи с изложенными обстоятельствами было решено провести экспериментальные исследования пружинного МП с цилиндрической пружиной с ***целью*** уточнения параметров оптимизации исследуемого механизма и проверки выдвинутой гипотезы.

Материалы и методы исследования

Основным объектом исследования принята физическая модель МП (рис. 1), который состоит из основания, шарнирно установленного двуплечего рычага, пружины растяжения, присоединенной к рычагам посредством гибкой тяги. Замер проводили динамометром, прикрепленным на конец рычага подвеса.

Рис. 1. Физическая модель МП

В ходе экспериментальных исследований постоянными оставались: C – жесткость пружины и её длина. Изменению подвергались γ – угол между рычагом подвеса и приложения силы динамометра, ΔH – приращение длины пружины, а замеряемым параметром был ΔP – приращение приведенной к точке подвеса нагрузки (усилия) пружины при разных положениях рычага подвеса.

За исходное (начальное) положение нами было принято горизонтальное положение рычага подвеса рабочего органа (динамометра). Диапазон перемещения по высоте точки подвеса составлял от 30 до 8 см с шагом 2 см. Замеры проводили плавным опусканием точки приложения усилия вниз и вверх, при этом в соответствующих положениях фиксировали нагрузку при движении вниз и вверх.

Эксперимент проводили в трехкратной повторности при разной величине угла между рычагами приложения усилия пружины и усилия динамометра: $\gamma_1 = 76°$; $\gamma_2 = 87°$; $\gamma_3 = 60°$. Полученные данные обрабатывались статистическими методами, а результаты обработки приведены на рис. 2, 3, 4.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные таким образом результаты экспериментальных исследований были обработаны и представлены в виде графиков. Результаты экспериментальных исследований показывают динамику изменения усилия на динамометре.

В 1-м опыте усилие имеет падающий характер в зависимости от положения рычага подвеса. Как показывают результаты исследований, при движении точки подвеса вверх и вниз упругие характеристики смещаются относительно друг друга, т.е. присутствует гистерезис при проведении замера. Такая особенность наблюдается во всех трех опытах (см. рис. 2, 3, 4) при разных значениях угла γ. Принятые обозначения на рисунках: y – уравнение полиномиальной линии тренда (уравнении регрессии); R – достоверность аппроксимации.

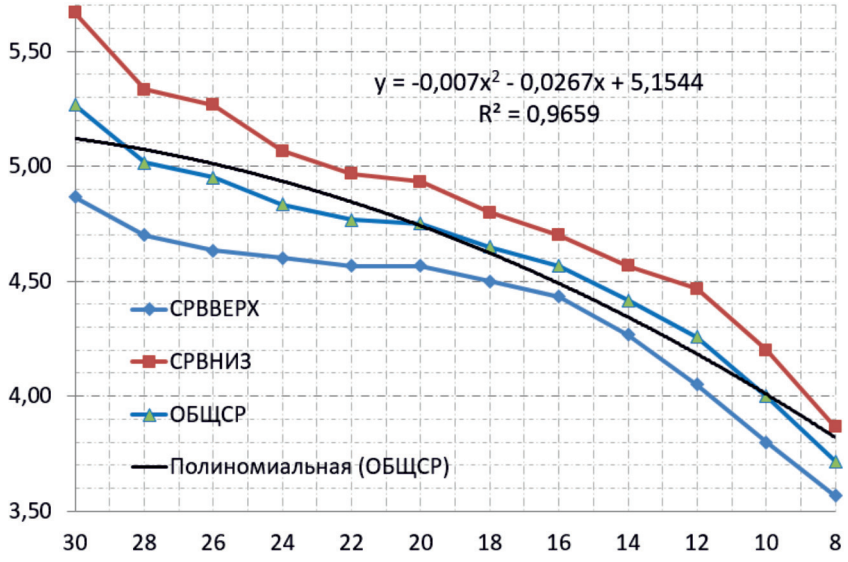


Рис. 2. График изменения показаний динамометра при угле γ = 76 °

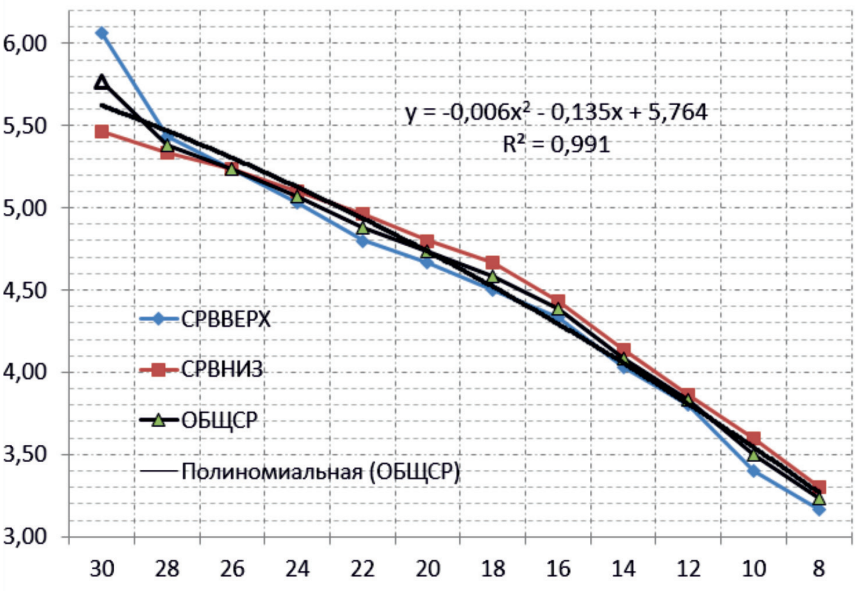


Рис. 3. Изменение показаний динамометра пружины при угле γ = 87 °

Рис. 2 свидетельствует о том, что усилие на точку подвеса во всем диапазоне перемещения падает, следовательно, при движении исполнительного рабочего органа, навешенного на МП с такой упругой характеристикой, возможны отклонения от требований к характеристике МП. Нарушения возможны вследствие увеличения нагрузки на исполнительный рабочий орган, например изменение нагрузки на колесо автомобиля или значительное изменение усилия натяжения приводного ремня и т.п., так как усилие пружины, передаваемое на точку подвеса (приведенное усилие), значительно уменьшается в зоне движения от 20–30 см.

Например, при движении точки подвеса около 28–30 см пружина развивает усилие около 5,27 кгс, если масса рабочего органа 6 кгс, то на исполнительный рабочий орган, например копирующий башмак косилки на почву, будет оказывать усилие 6 – 5,27 = 0,73 кгс, а при верхнем положении (высоте 8 см) усилие на башмак будет 6 – 3,72 =2,28 кгс.

Проведенные исследования МП во 2-м опыте при угле γ = 87° (см. рис. 3) показывают аналогичные результаты в сравнении с 1-м опытом.

Анализируя рис. 3 можно отметить, что усилие на точку подвеса в рассматриваемом диапазоне по мере ее перемещения уменьшается, следовательно, при движении исполнительного рабочего органа, навешенного на МП с такой упругой характеристикой, следует ожидать возможные нарушения процесса работы по вышеуказанным причинам.

Нарушения возможны вследствие увеличения нагрузки на исполнительное устройство, так как усилие пружины, передаваемое на точку подвеса (приведенное усилие), значительно уменьшается внизу (в зоне движения от 20–30 см). Например, при высоте расположения точки подвеса 30 см пружина развивает усилие около 5,77 кгс, если масса рабочего органа 6 кгс, то исполнительное устройство (например, копирующее устройство) на почву будет оказывать усилие 6 – 5,77 = 0,23 кгс, а при верхнем положении (при высоте 8 см) усилие на башмак будет 6 – 3,22 =2,78 кгс.

Проведенные исследования механизма подвески в 3-м опыте при угле γ = 60° (рис. 4) показывают совсем иной вид упругой характеристики МП. По данным, представленным в таблице, видно, что нагрузка на копирующее устройство меняется в обратную сторону в сравнении с предыдущими вариантами.

Анализ рис. 4 свидетельствует о том, что усилие на точку подвеса в рассматриваемом диапазоне по мере ее перемещения увеличивается, следовательно, при движении исполнительного устройства, навешенного на МП с такой упругой характеристикой, возможны нарушения рабочего процесса.

В рассматриваемом варианте нарушения работы исполнительного устройства возможны вследствие увеличения нагрузки на них в верхнем положении, а в предыдущих вариантах – в нижнем положении, так как усилие пружины, передаваемое на точку подвеса МП (приведенное усилие), значительно увеличивается внизу (в зоне движения от 20–30 см). Например, при высоте расположения точки подвеса 30 см пружина развивает усилие около 1,23 кгс, если масса рабочего органа 6 кгс, то исполнительное устройство (копирующий элемент) будет оказывать на почву усилие 6 – 1,23 = 4,77 кгс, а при верхнем положении (высоте 8 см) усилие на башмак будет 6 – 4,73 =1,27 кгс.

Сравнение трех исследованных вариантов МП показывает, что усилие в крайних точках МП значительно колеблется в зависимости от выбранного угла между рычагами.

Диапазон изменения усилий в крайних точках для 1-го опыта от 0,73 до 2,28 кгс.

Диапазон изменения усилий в крайних точках для 2-го опыта от 0,23 до 2,78 кгс.

Диапазон изменения усилий в крайних точках для 3-го опыта от 4,77 до 1,27 кгс.

Анализ результатов исследований позволяет сделать следующие выводы.

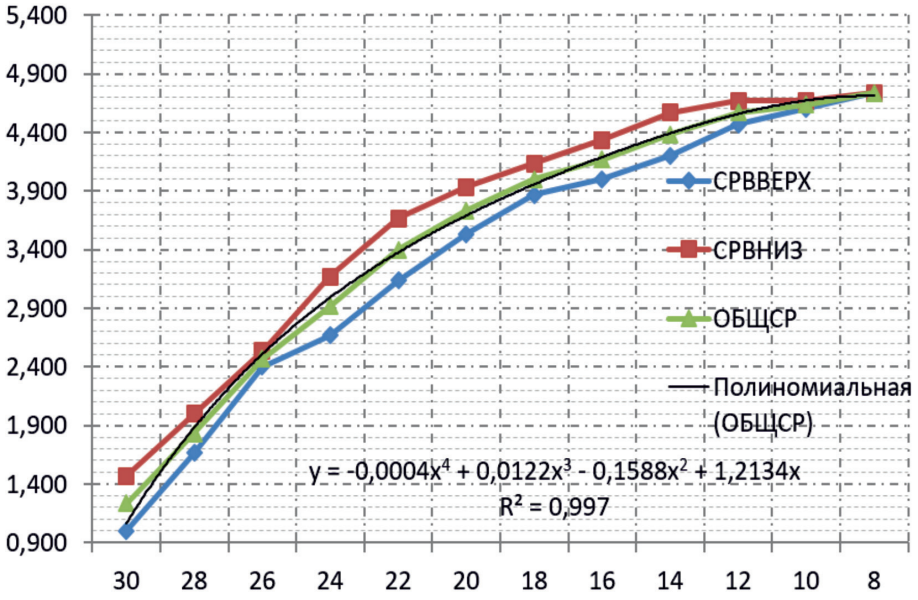


Рис. 4. Изменение показания динамометра пружины при угле γ = 60°

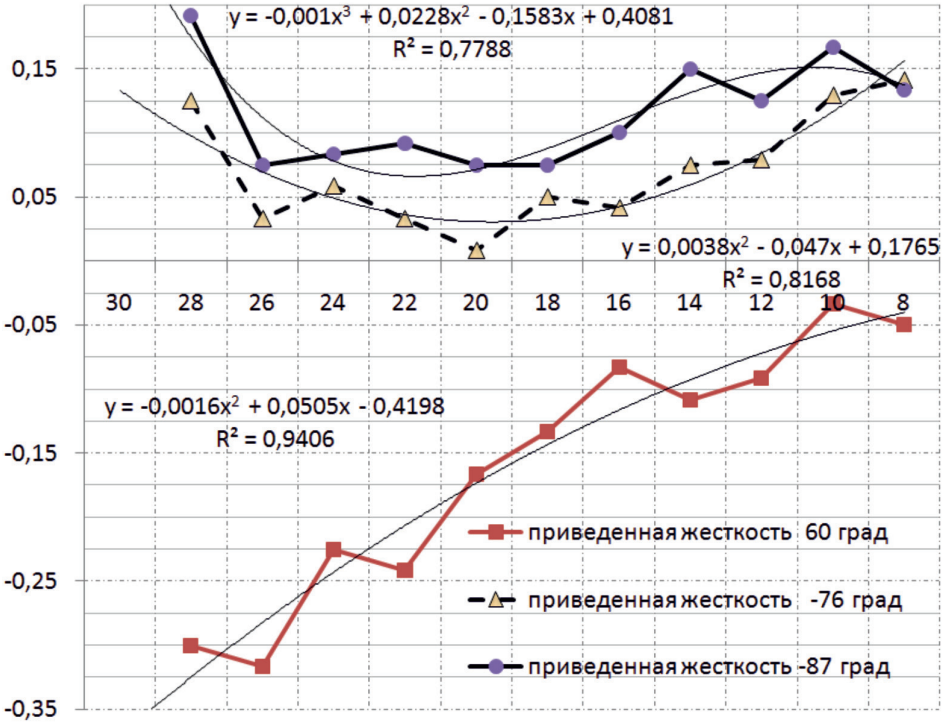


Рис. 5. Зависимость приведенной жесткости от высоты расположения точки подвеса при разных углах γ

При изменении угла между рычагами кардинально изменяется упругая характеристика МП. Очевидно, что *приведенная жесткость подвески*, определяемая как соотношение приращения нагрузки к приращению перемещения, может иметь как положительное значение, так и отрицательное, а в переходной зоне может быть равна нулю. Как показывает характер изменения (рис. 5) приведенной жесткости по результатам эксперимента, она не может быть постоянной величиной для рассмотренного варианта МП.

Сравнение характера изменения приведенной жесткости подтверждает значительный перепад приведенной жесткости в зависимости от положения точки подвеса по высоте.

Анализ рис. 5 изменения приведенной жесткости показывает, что значение исследуемого параметра в крайних точках МП по высоте значительно колеблется в зависимости от выбранного угла между рычагами.

Величина приведенной жесткости при угле 60 град имеет отрицательный знак и диапазон изменения от 0,033 до 0,317 кгс/см.

Величина приведенной жесткости при угле 76 град имеет положительный знак и диапазон изменения при высоте 30 см составляет 0,125 в средней зоне – 0,008, а при высоте 8 см – 0,142 кгс/см.

Величина приведенной жесткости при угле 87 град также имеет положительный знак и диапазон изменения при высоте 30 см составляет 0,192 в средней зоне – 0,075, а при высоте 8 см – 0,133 кгс/см.

Полученные результаты показывают, что приведенная жесткость МП может быть равна нулю, что исследователи не учитывают при проектировании МП. Как известно из положений теоретической механики и основ теории колебаний, при нулевом значении приведенной жесткости колебательный процесс в МП исключается.

Очевидно, что МП с переменной приведенной жесткостью требует дополнительных исследований не только в статике, но и в динамике.

Выводы

Исследования разных вариантов МП показали, что имеется возможность обеспечения стабильности выходного усилия, передающегося на исполнительные устройства за счет изменения угла между рычагами МП исполнительного рабочего органа.

Интенсивность изменения приведенного усилия пружины в точку подвеса зависит от угла между двуплечим рычагом МП. В то же время следует отметить, что характер изменения упругой характеристики

МП в зависимости от величины угла между двуплечим рычагом может быть как возрастающим, так и убывающим.

Как известно из положений теоретической механики [3], полученные результаты можно интерпретировать как работу МП исполнительного рабочего органа [1, 2, 5], например МП автомобиля, копирующего устройства сельскохозяйственной машины, натяжного устройства приводного ремня и т.д. Результаты исследований подтверждают изменчивость упругой характеристики МП в зависимости от принятого значения угла между рычагами. Полученные результаты экспериментальных исследований полностью согласовываются с аналогичными исследованиями [1, 2] и подтвердили наши предположения об ошибочности общепринятого мнения о том, что упругая характеристика подвески зависит от жесткости пружины.

Предложенный метод исследования и полученные результаты показывают о возможности изменения упругой характеристики путем изменения угла между рычагами приложения усилий. Методика свидетельствует о неиспользованном потенциале МП по обеспечению стабильности или изменения выходного усилия по требованиям и условиям работы исполнительного устройства.

Полученные результаты исследования подтверждают нашу гипотезу об ошибочности имеющегося метода оптимизации пружинных МП, в котором основным параметром оптимизации принято считать жесткость пружины.

Список литературы

1. Белов В.В. Теоретические основы анализа и синтеза пружинных механизмов: Монография / Под ред. докт. техн. наук, проф. В.С. Сечкина. – СПб., 2005. – 354 с.

2. Белов В.В. и др. Результаты анализа механизмов подвески рабочих органов / В.В. Белов, Н.Н. Белова, О.Г. Огнев, А.Ю. Маткин, Ф.В. Капитонов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 30. – С. 17–22.

3. Лачуга Ю.Ф. Теоретическая механика [Текст]: учебник / Ю.Ф. Лачуга, В.А. Ксендзов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2010. – 575 с.

4. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Элементы подвески / Перевод с нем. А.Л. Карпухина / под ред. Г.Г. Гридасова. – М.: Машиностроение, 2008. – 288 с.

5. Рыбаков В.Н. Влияние условий работы и параметров механизма присоединения на устойчивость глубины хода сошников сеялки / В.Н. Рыбаков // Тракторы и сельхозмашины. – 1972. – № 11. – С. 23–24.

УДК 66.087.7:661.433.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

Богословский С.Ю., Болдырев В.С., Кузнецов Н.Н., Астапов К.Р.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: b.su@bmstu.ru

Проведена оптимизация параметров электролитического хлорирования растворов хлорида натрия с целью получения низкоконцентрированного гипохлорита натрия, применяемого для обеззараживания воды. Электрохлорирование проводили в вертикальной ячейке объемом 1 л, содержащей четыре неподвижных биполярных плоских титановых электрода с окисно-рутениевыми анодами при плотностях тока 0,1; 0,125; 0,15 А/см^2. Расстояние между электродами составляло 1, 2 или 3 мм. Оптимальным оказалось значение межэлектродного расстояния в 1 мм при плотности тока равной 0,1 А/см^2. В проточном режиме электролит проходил через электролизер снизу вверх. При температуре исходного раствора ниже 20 °С расход реагента от 0,8 до 7,5 л/час^2 позволял поддерживать температуру отходящего раствора вблизи оптимальных 40 °С. Для получения продукта с концентрацией активного хлора 0,2 % расход реагента составлял от 6 до 7,5 л/ч в зависимости от концентрации хлорида; для получения более концентрированного продукта содержащего 0,4 % активного хлора, расход уменьшали до 2,5÷2,7 л/ч; pH раствора в процессе электролиза возрастала до 8,8÷9,4. При непроточном хлорировании без охлаждения оптимальная температура исходного раствора хлорида натрия составляла 7–8 °С. Для межэлектродного расстояния 1 мм при снижении концентрации хлорида натрия от 35 г/л до 25 г/л вид зависимости концентрации активного хлора от времени электролиза менялся от нелинейной до практически линейной.

Ключевые слова: электрохлорирование, обеззараживание воды, гипохлорит натрия, «активный хлор»

PARAMETER OPTIMIZATION OF ELECTROLYTIC PROCESS OF OBTAINING SODIUM HYPOCHLORITE FOR DISINFECTION OF WATER

Bogoslovskiy S.Yu., Boldyrev V.S., Kuznetsov N.N., Astapov K.R.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: b.su@bmstu.ru

Electrochlorination parameters were optimized in flowing and non-flowing modes for a cell with a volume of 1 l. The distance between the electrodes was 1, 2 or 3 mm, at a current density of 0.1; 0.125; 0.15 A/cm^2. Optimal was the value of inter-electrode distance of 1 mm at a current density of 0.1 A/cm^2. In the range of flow rates from 0.8 to 6.0 l/h with a temperature of the initial solution below 20 °C the outlet temperature is maintained close to the optimal 40 °C. The pH of the solution during electrolysis increases to 8.8÷9.4. There was studied a process in which a solution with a temperature of 7–8 °C and a concentration of sodium chloride of 25 and 35 g/l in non-flowing cell was used. The dependence of the concentration of active chlorine on the electrolysis time varies with the concentration of the initial solution of sodium chloride. In case of chloride concentration of 25 g/l and distance between the electrodes 1 mm, virtually linear relationship makes it easy to choose the time of electrolysis with the aim of obtaining the needed concentration of the product.

Keywords: electrochlorinator, water disinfection, sodium hypochlorite, the concentration of «active chlorine»

Гипохлорит натрия относится к новому поколению реагентов, используемых для обеззараживания воды в качестве альтернативы газообразному хлору. Применяется или товарный (технический) гипохлорит (ТГ), представляющий собой высококонцентрированный сильнощелочной раствор, производимый на химических заводах и содержащий 14 % активного хлора, или низкоконцентрированный раствор (ЭГ), производящийся на месте использования в необходимом количестве путем электролиза хлорида натрия (метод электрохлорирования). Из-за высокой концентрации товарный гипохлорит разлагается быстрее получаемого непосредственно на месте в электролизере ЭГ. Это разложение гипохлорита до хлората приводит как к потере продукта, так и к возникновению нежелательного побочного продукта, попадающего в воду. В случае 14 % ТГ 0,6 % активного хлора преобразуется в хлорат уже в течение первых суток хранения при 22 °С [1], так что при транспортировке и хранении его может накопиться значительное количество. Производство ЭГ на месте потребления по мере необходимости сокращает срок его хранения перед использованием и резко снижает потери. ТГ имеет высокое значение водородного показателя (pH = 12) для обеспечения стабильности продукта. Поэтому при обеззараживании воды с высоким содержанием катионов кальция и магния («жесткая вода») возможно образование нерастворимых карбонатов и гидроксидов, для удаления которых необходима фильтрация воды перед использованием. Водородный показатель растворов ЭГ не превышает 9,5 и подобной проблемы не возникает, однако при приготовлении раствора для электрохлорирования все же лучше использовать дистиллированную или умягченную воду. Это позволяет сократить расходы на периодическую чистку

электродов. Кроме того, в [2, с. 852] показано, что в присутствии карбонат- и сульфат-анионов выход по току электрохлорирования снижается, причем тем сильнее, чем выше плотность тока. Для обеззараживания технологической воды вместо исходного раствора хлорида натрия может использоваться морская вода, при этом поверхность электродов покрывается более рыхлым слоем солей, чем при использовании неумягчённой воды [3]. Наконец, ТГ содержит потенциально канцерогенный бромат, концентрация которого не должна превышать в странах ЕС 10 мкг/л. ЭГ с низким содержанием бромата может быть получен благодаря использованию хлорида натрия с низким содержанием бромида. Эти факторы обеспечивают все более широкое применение систем электрохлорирования вместо установок дозирования технического гипохлорита.

Целью исследования являлось установление оптимальных параметров электрохлорирования для установки небольшой мощности, предназначенной для использования в бытовых условиях.

Материалы и методы исследования

Оптимизацию параметров электрохлорирования выполняли на установке со стеклянным реактором объёмом 1 л, содержащим четыре биполярных вертикально расположенных прямоугольных титановых электрода, с окисно-рутениевыми анодами, каждый площадью 60 см^2. Зазор между электродами устанавливали одинаковым по всей длине и изменяли с помощью двух горизонтальных изолирующих проставок толщиной 1, 2 или 3 мм. Для дополнительного к газлифту перемешивания реакционной смеси использовали магнитную мешалку, расположенную на дне электролитической ячейки. В качестве источника тока использовали потенциостат-гальваностат Elins P-150X. Реактор эксплуатировали либо в проточном либо в непроточном режиме. Раствор хлорида натрия готовили из дистиллированной воды и хлорида натрия категории «х.ч.». В проточном режиме подачу осуществляли с помощью перистальтического насоса Zalimp peristaltic pump Type PP1-05. Концентрацию активного хлора определяли по ГОСТ Р 50551-93 [4] и ГОСТ 18190-72 [5], содержание газообразного хлора в отходящих газах по ГОСТ 6718-93 [6]. Проводимость растворов измеряли кондуктометром HI 9033 фирмы Hanna Ins.

Результаты исследования и их обсуждение

Под «активным хлором» для раствора гипохлорита, как и хлорноватистой кислоты, понимают весь хлор, выделяющийся при воздействии на раствор избытка соляной кислоты:

$$NaClO + HCl \rightarrow Cl_2\uparrow + NaCl,$$

$$HClO + HCl \rightarrow Cl_2\uparrow + H_2O.$$

Наряду с определением концентрации активного хлора иодометрическим методом по ГОСТ Р 50551-93, было проведено определение концентрации титрованием метиловым оранжевым по ГОСТ 18190-72 с 25-кратным разбавлением 10 мл аликвоты. Методика с метиловым оранжевым менее трудоёмка и показала хорошее совпадение результатов для полученных разбавленных растворов гипохлорита натрия.

При концентрациях менее 1% гипохлорит натрия классифицируется как неопасный реагент, являясь в то же время эффективным дезинфектантом, поэтому для использования в быту и снижения опасности для персонала были выбраны параметры электрохлорирования, обеспечивающие его концентрацию от 0,2% до 0,8%. При таких малых концентрациях NaClO и невысоких значениях pH выход по току гипохлорита натрия максимален из-за минимального протекания побочных процессов электрохимического окисления гипохлорита и химического образования хлората натрия. Следовательно, при таких концентрациях в готовом гипохлорите практически отсутствует хлорат. Зависимость выхода по току «активного хлора» от плотности тока имеет максимум в области от 0,1 до 0,2 А/см^2, повышение концентрации хлорида натрия вплоть до 10 г/л увеличивает выход по току, при дальнейшем увеличении концентрации он возрастает незначительно [7]. После сравнения результатов при плотности тока 0,1; 0,125; 0,15 А/см^2 нами было выбрано значение 0,1 А/см^2 как позволяющее использовать менее мощный и, следовательно, более дешевый источник тока, при приемлемой продолжительности процесса.

Наиболее опасным побочным продуктом электрохлорирования хлорида натрия является газообразный хлор. Было изучено влияние величины межэлектродного расстояния на содержание хлора в отходящих газах при плотности тока 0,1 А/см^2. Установлено, что оптимальным является межэлектродное расстояние в 1 мм. При его увеличении до 2 и 3 мм, содержание хлора в отходящих газах возрастает. С другой стороны, увеличение концентрации хлорида натрия более 35 г/л при выбранной плотности тока и межэлектродном расстоянии в 1 мм вызывает существенное возрастание побочных процессов электрохимического восстановления гипохлорита натрия, находящегося в прямой зависимости от интенсивности перемешивания:

$$ClO^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Cl^- + 2\ OH^-.$$

В ячейке электролизера на аноде образуется хлор, на катоде разлагается вода с образованием водорода и гидроксил-ионов.

$$2Cl^- - 2e^- \rightarrow Cl_2,$$

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-.$$

Одновременно с этими процессами на аноде может происходить разряд гидроксильных ионов или разложение воды с выделением кислорода. Конструкция электролизера в виде открытого реактора вызывает интенсивное перемешивание электролита в зоне, прилегающей к электродам, при этом выделяющийся хлор растворяется в электролите и подвергается диспропорционированию с образованием малодиссоциирующей хлорноватистой кислоты и хлороводородной кислоты:

$$Cl_2 + 2H_2O \leftrightarrow HClO + HCl.$$

Получающиеся в результате восстановления воды гидроксил-ионы нейтрализуют эти кислоты, образуя гипохлорит и хлорид натрия:

$$HClO + HCl + 2OH^- \rightarrow Cl^- + ClO^-.$$

Суммарное уравнение электролиза:

$$Cl^- + H_2O \rightarrow H_2 + ClO^-.$$

При выборе оптимальной температуры процесса необходимо учитывать, что окисно-рутениевый анод наиболее устойчив в агрессивной среде хлоратора при температурах не ниже 18 °С [8]. С другой стороны, чрезмерный разогрев электролита неблагоприятно сказывается на выходе гипохлорита натрия, поэтому оптимальная температура составляет 40–45 °С [9, 10]. Для проточного электролизера температура электролита тем выше, чем меньше расход и, следовательно, больше время пребывания электролита в реакторе. Также разогрев электролита, при прочих одинаковых условиях, больше там, где ниже исходная концентрация хлорида натрия. Опытным путем установлено, что в широком диапазоне расходов от 0,8 до 6,0 л/ч при использовании исходного раствора с температурой не более 20 °С превышения оптимальной температуры не происходит. Водородный показатель растворов в процессе электролиза увеличивается до величин $pH = 8{,}8 \div 9{,}4$ по мере увеличения времени электролиза и роста концентрации соли из-за восстановления молекул воды. Из рис. 1 видно, что соотношение между содержанием гипохлорит-иона и хлорноватистой кислоты определяется протеканием реакций гидролиза гипохлорита натрия и диссоциации хлорноватистой кислоты и при $pH = 9{,}4$ происходит практически полный переход хлорноватистой кислоты в гипохлорит натрия.

Расход, обеспечивающий достижение концентрации активного хлора 0,2 %, при плотности тока $I = 0{,}1 А/см^2$ составляет от 6 до 7,5 л/ч в зависимости от концентрации хлорида. Для достижения более высокой концентрации активного хлора 0,4 % необходимо снижение расхода до 2,5÷2,7 л/ч [12]. Проводимость растворов в процессе электрохлорирования меняется незначительно в пределах 3÷5 % от исходной.

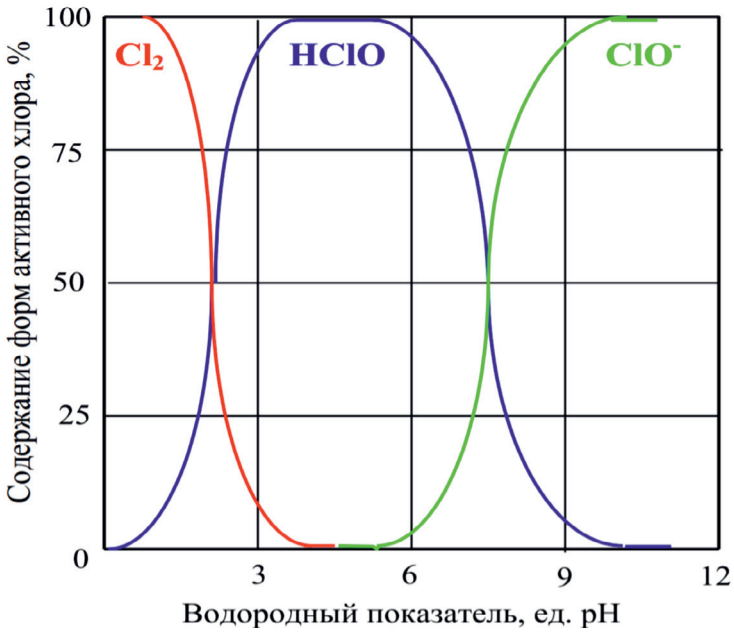


Рис. 1. Соотношение содержания форм активного хлора в воде при различных значениях водородного показателя [11]

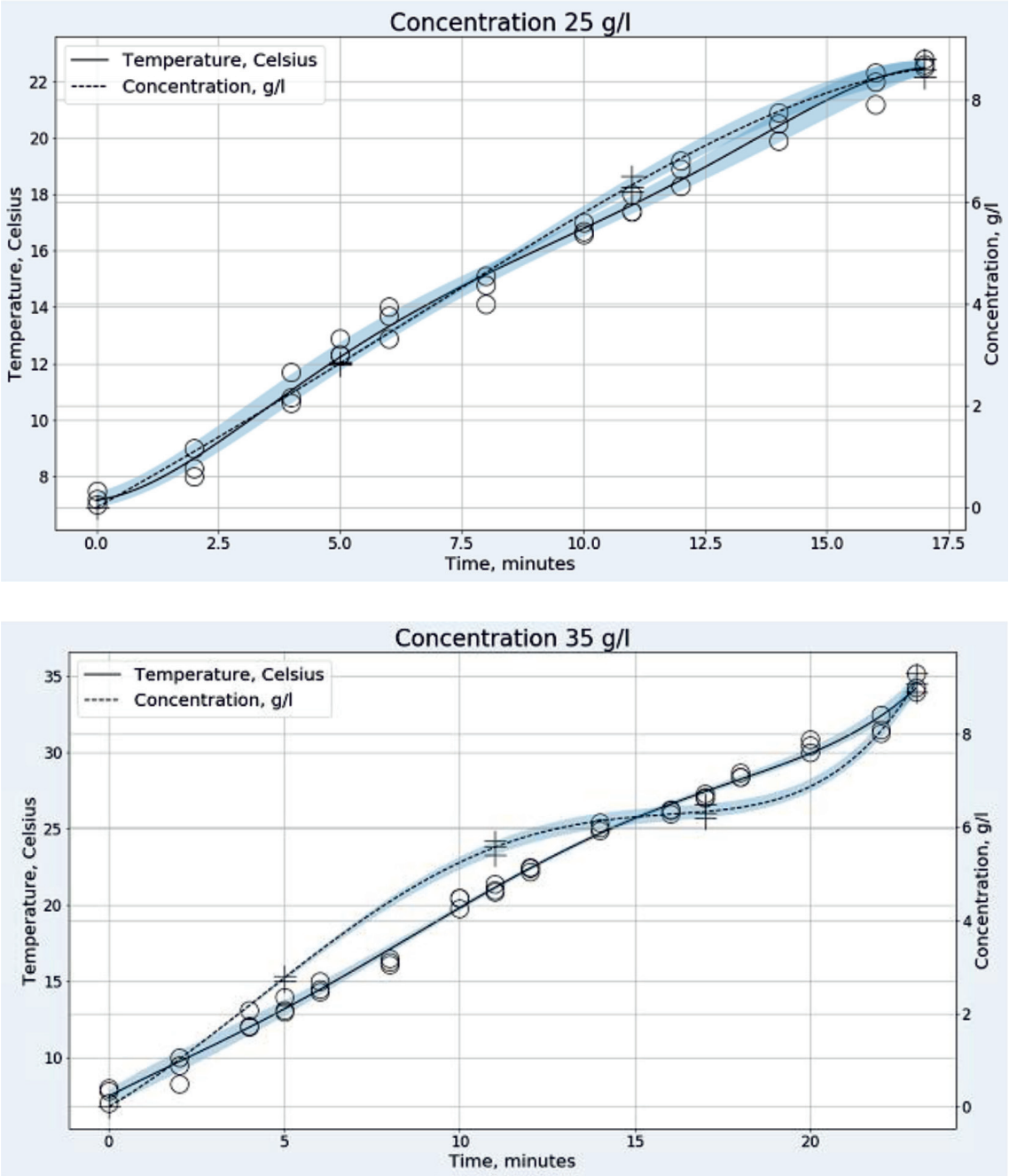


Рис. 2. Зависимость температуры в градусах Цельсия (левая шкала, круги) и концентрации активного хлора в г/л (правая шкала, кресты) от времени электрохлорирования в непроточной ячейке для плотности тока 0,1 А/см^2 и концентрации исходного раствора хлорида натрия 25 г/л (верхний рисунок) или 35 г/л (нижний рисунок)

Для обеззараживания относительно небольших объемов воды, например в индивидуальных домовладениях, выгоднее использовать более дешёвые установки непроточного типа. Предварительное охлаждение раствора хлорида натрия до 7÷9 °С позволяет в этом случае обойтись без водяного охлаждения электролизера. На рис. 2 представлены результаты работы электролизера в таком режиме.

При относительно небольшой концентрации хлорида натрия 25 г/л, как видно на рис. 2, происходит практически линейный рост концентрации «активного хлора» в растворе, что свидетельствует о незначительном протекании побочных реакций.

Температура возрастает также линейно и во всем диапазоне концентраций остается ниже допустимых значений с учетом возможности локального перегрева реакционной смеси в межэлектродном пространстве. На рис. 2 внизу представлен вид тех же зависимостей при более высокой концентрации хлорида натрия в растворе 35 г/л. От начала электролиза и вплоть до 12 минут концентрация «активного хлора» возрастает практически линейно, при этом темп его накопления превышает характерный для более низкой концентрации NaCl. Затем, на участке от 12 до 17 минут, температура реакционной смеси продолжает линейно возрастать, но концентрация «активного хлора» увеличивается значительно медленнее. Разогрев раствора оказывается выше на 10 °С, а та же концентрация «активного хлора» достигается на 6 минут позже, чем для раствора меньшей концентрации. Это может быть связано с потерей части газообразного хлора из-за активного газовыделения и локальных перегревов, приводящих к протеканию побочных процессов электрохимического окисления гипохлорита:

$$6ClO^- + 3H_2O - 6e^- \rightarrow 2ClO_3^- + 4\,Cl^- + 1{,}5O_2 + 6H^+$$

и химического образования хлората:

$$2HClO + ClO^- \rightarrow ClO_3^- + 2Cl^- + 2H^+.$$

Этот эффект может быть преодолен снижением концентрации хлорида натрия или увеличением межэлектродного расстояния, но последнее нежелательно из-за увеличения содержания газообразного хлора в отходящих газах.

Выводы

Использование непроточной ячейки с межэлектродным расстоянием 1 мм между четырьмя биполярными параллельными титановыми электродами прямоугольной формы с окисно-рутениевыми анодами при плотности тока 0,1 А/см^2 и концентрации исходного раствора хлорида натрия 25 г/л позволяет обеспечить удобную эксплуатацию хлоратора в режиме линейной зависимости концентрации активного хлора от времени электрохлорирования. В готовом изделии такая зависимость позволяет указать требуемую концентрацию активного хлора на таймере. Показано, что в предлагаемом режиме улучшается воспроизводимость результатов и уменьшается разогрев раствора в процессе электрохлорирования. Ту же самую ячейку можно использовать в проточном режиме с расходом 2,5÷2,7 л/ч для получения продукта с 0,4% активного хлора или с расходом 6÷7,5 л/ч для продукта с концентрацией активного хлора 0,2%. Низкая щелочность продукта (pH = 8,8÷9) позволяет использовать полученный раствор гипохлорита для обеззараживания даже жёсткой воды без риска образования осадка.

Список литературы

1. Григорьев А.Б. Системы OSEC для производства низкоконцентрированного гипохлорита натрия / А.Б. Григорьев, Р. Расе // Водоснабжение и сан. техника. – 2007. – № 10. – С. 30–31.

2. Ершова О.В. Технологические аспекты электрохимического способа получения хлорсодержащих дезинфицирующих растворов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12–5. – С. 849–853.

3. Muhammad Saleem et al. On site Electrochemical Production of Sodium Hypochlorite Disinfectant for a Power Plant utilizing Seawater // Int. J. Electrochem. – 2012. – Sci. 7. – P. 3929–3938.

4. ГОСТ Р 50551-93. Метод определения активного хлора. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 6 с.

5. ГОСТ 18190-72. Вода питьевая. Методы определения остаточного активного хлора. Сборник ГОСТов. – М.: Стандартинформ, 2009. – С. 352–357.

6. ГОСТ 6718-93. Хлор жидкий. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 34 с.

7. Фёдорова Ю.С., Жерякова К.В., Нигматуллина Л.И. Получение «активного хлора» путем электрохимической обработки растворов хлорида натрия // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12–2. – С. 75–77.

8. Фиошин М.Я. Электросинтез окислителей и восстановителей / М.Я. Фиошин, М.Г. Смирнова. – Л.: Химия, 1981. – 212 с.

9. Nasser Abu Ghalwa et al. Generation of sodium hypochlorite (NaOCl) from sodium chloride solution using C/PbO_2 and Pb/PbO_2 electrodes // International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials. – 2012. – V. 19, issue 6. – P. 561–566.

10. Якименко Л.М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов / Л.М. Якименко. – М.: Химия, 1974. – 600 с.

11. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Химические превращения кислородсодержащих ионов хлора растворов при разных значения диапазона pH // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 2–2. – С. 43–46.

12. Кузнецов Н.Н., Богословский С.Ю., Болдырев В.С. Оптимизация параметров электролитического процесса получения гипохлорита натрия для обеззараживания воды. // Необратимые процессы в природе и технике. Труды девятой Всероссийской конференции. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – Москва, 2017. – С. 4–5.

УДК 004.031.42(470.23-25)

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Вагизов М.Р., Навалихин С.В., Баенгуев Б.А.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург, e-mail: bars-tatarin@yandex.ru

В статье рассматривается проект разработки специализированной геоинформационной системы для благоустройства городских парков и зеленых насаждений общего пользования, в качестве основы проектирования используются открытые картографические данные. Необходимость разработки специализированных информационных систем не раз была отмечена правительством страны. Особенно актуальным на сегодняшний день становится решение разработки открытой геоинформационной системы в качестве инструмента информирования населения о планах благоустройства территорий парков. Особенностью проекта разработки геоинформационной системы является возможность рейтинговой оценки размещённых проектов перед их осуществлением. Данный подход в организационной структуре проектируемой системы призван выявить не только качественные проекты с точки зрения наиболее конструктивных особенностей, но и позволит учитывать мнение социальных слоёв населения. В состав разработки системы входят все необходимые организационные и технические этапы реализации. В статье подробно описаны инструменты разработки системы и схемотехнические решения структурных элементов, приведен алгоритм работы с системой и визуализация интерфейса пользователя.

Ключевые слова: геоинформационные системы, проектирование информационных систем, благоустройство урбанизированных территорий

DEVELOPMENT OF GEOINFORMATION SYSTEM OF GREEN SPACES OF ST. PETERSBURG

Vagizov M.R., Navalikhin S.V., Baenguev B.A.

State Saint-Petersburg Forest Technical University named S.M. Kirov, Saint-Petersburg, e-mail: bars-tatarin@yandex.ru

The article discusses the project development of specialized geographic information system for improvement of urban parks and green spaces, as the basis of design uses open map data. The need to develop special information system was noted by the government. Particularly relevant today is the solution to developing an open GIS, as a tool of informing the population of the citizens about the plans for the landscaping of parks. Feature of the project of creation of geoinformation system is the possibility of rating the hosted projects before the decision to build them. This approach in the organizational structure of the designed system aims to identify not only high-quality projects, from the point of view most of the design features, but will take into account the opinion of the social strata of the population. In the development of the system includes all the necessary organizational and technical implementation stages. The article describes the development tools system and circuit design of structural elements, the algorithm of system operation and visualization of the user interface.

Keywords: geoinformation systems, design of information systems, improvement of urban territories

Комплексное расширение городской инфраструктуры предполагает планомерное развитие специальных зелёных зон общего пользования и проектирование новых парков для граждан. На заседании Госсовета от 17.05.2016 по вопросам развития строительного комплекса и совершенствования градостроительной деятельности правительством страны было отмечено о необходимости развития благоустройства городских территорий и создания новых парков, скверов и зон отдыха. В связи с этим особое положение занимают городские парки и зеленые насаждения общего пользования, которые служат местом отдыха граждан и проведения спортивных и иных мероприятий. Система зеленых насаждений современного города формируется для оздоровления окружающей среды, обогащения внешнего облика города, создания условий для массового отдыха населения в природном окружении [1]. Однако большая часть вышеуказанных территорий в городе на сегодняшний день требует нового подхода по благоустройству и перепланировке для рационального и оптимального использования такого рода территорий. Исходя из этого, для развития зеленых зон общего пользования г. Санкт-Петербурга требуется первоначально разработать специальную информационную систему в сопровождении с визуальными картографическими материалами для размещения специалистами планов по развитию зелёных зон в единой системе. Основная цель проекта – разработка информационной системы (web-сервиса) для благоустройства городских парков и зелёных насаждений общего пользования.

Элементы инженерной подготовки и защиты территории обеспечивают безопасность и удобство пользования территорией, ее защиту от неблагоприятных явлений природного и техногенного воздействия в связи с новым строительством или реконструкцией [2]. Инженерная подготовка включает в себя использование сопровождающих систем для верного принятия решений, в условиях организационных задач по управлению урбанизированными территориями.

Задачи проекта

Разработка открытой геоинформационной системы (web-сервиса) с применением методов геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли и конструктора проектов, для размещения и определения качественных проектов благоустройства.

Используя специальную разработанную систему, возможно решать следующие задачи:

1. Размещать планы и проекты благоустройства городских парков в отрытом доступе в сети Интернет.

2. Использовать рейтинговую систему оценки проектов благоустройства парков и зеленых насаждений общего пользования путем голосования граждан.

3. Рационально планировать размещение и благоустройство территорий городских зеленых насаждений общего пользования.

4. Развивать зоны зеленых насаждений общего пользования в целях экологизации и устойчивого управления природоохранными территориями в условиях городской среды.

В ст. 41 Лесного кодекса Российской Федерации сказано:

1. Леса могут использоваться для осуществления рекреационной деятельности в целях организации отдыха, туризма, физкультурно-оздоровительной и спортивной деятельности.

2. При осуществлении рекреационной деятельности в лесах допускается возведение временных построек на лесных участках и осуществление их благоустройства [3].

Рекреационные леса – это городские леса, лесопарки, лесопарковые части зеленых зон городов. В г. Санкт-Петербурге насчитывается более 73 парков и зеленых насаждений общего пользования, которые занимают значительную по площади территорию. Организация и благоустройство данных территорией является актуальным направлением в развитии городской инфраструктуры, что было неоднократно отмечено правительством города и страны. На сегодняшний день отсутствует единая открытая информационная система, содержащая планы развития территорий насаждений общего пользования на муниципальном и районном уровне. Разработка такого сервиса по благоустройству территорий, учитывая темпы роста строительной деятельности, будет оказывать положительный эффект на социальную и экологическую сферу города. Принимая во внимание тот факт, что степень озеленения города, его привлекательность во многом определяются количеством и качественным состоянием зеленых насаждений общего пользования, в деятельности сервиса по размещению планов благоустройства будут принимать участие не только проектировщики и специалисты, но и непосредственно сами граждане, которые будут оценивать представленные проекты с точки зрения их рационального размещения и комфортности посещения. В состав проекта разработки информационной системы включены следующие этапы:

1. Организационный – на данном этапе формулируется технологическая карта и инструменты реализации системы.

2. Технологический – в процессе разработки системы будут задействованы программные, геоинформационные и интеллектуальные ресурсы.

3. Ввод в эксплуатацию – тестирование системы на базе закрытого и открытого тестирования, аппаратного и функционального тестирований.

4. Поддержка и сопровождение – на данном этапе требуется поддерживать систему в работоспособном состоянии с возможностью её восстановления в случае технических сбоев.

Алгоритм работы сервиса состоит в использовании функциональных возможностей системы, в которую включены следующие действия:

1) специалисты размещают планы благоустройства территорий;

2) проект благоустройства с описанием фиксируется в информационной системе сервиса;

3) производится запуск системы голосования проектов;

4) внесение изменений в проект с учётом требований;

5) результаты системы голосования и утверждение проекта благоустройства.

В состав информационной системы сервиса входят функциональные модули (рис. 1) и инструмент визуализации картографических материалов в информационной системе, который представляет собой специальный интерактивный картографический сервис, позволяющий просматривать картографические материалы городских парков и спутниковые изображения в режиме онлайн [4].

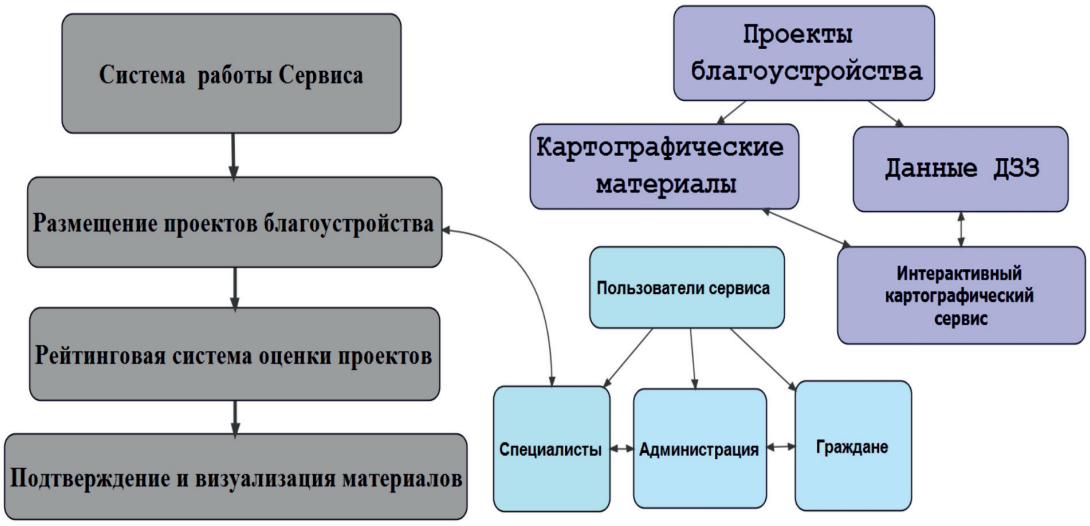


Рис. 1. Структура и составляющие информационной системы

Технологические особенности проекта

В процессе запуска геоинформационной системы, при поддержке и сопровождении всех возможностей разрабатываемого сервиса, будет реализована система рейтинговой оценки проектов благоустройства городских парков. В состав системы также включена оценка зеленых насаждений общего пользования, по критериям и параметрам до этого не проводившаяся в режиме онлайн. В процессе разработки системы используется прототипно-ориентированный язык программирования на основе модульной системы программирования.

Цель использования геоинформационной системы – повышение качества благоустройства городских территорий с учётом требований граждан, заинтересованных в развитии проектов благоустройства парков и зеленых зон общего пользования. Они будут составлять основную группу разрабатываемого сервиса. Вторая категория пользователей – это специалисты по благоустройству территорий, задачей которых является внесение изменений в проекты благоустройства с учётом требований граждан в интересах управления урбанизированными территориями. Использование дистанционных материалов городских парков, скверов и зеленых зон, загруженных в информационную систему, позволит в динамике просматривать произошедшие изменения за период проведения работ по благоустройству. При этом могут быть использованы открытые интернет-источники и загруженные снимки с небольших по габаритам беспилотных летательных аппаратов.

Для организации работы геоинформационной системы требуется безотлагательное и непрерывное действие работы сервера и корректное выполнение поступающих к нему запросов. После организации технологического уровня требуется обеспечить необходимую функциональность системы. При этом функциональный уровень включает в себя техническую составляющую объектов системы и её сопровождение и поддержку. Структура и инструменты работы информационной системы (web-сервиса) представлены в виде блок-схемы (рис. 1).

Инструменты разработки системы. В состав проектирования системы включены следующие инструменты: Среда разработки NetBeans IDE, язык программирования JavaScript, HTML, CSS, JSP и API интерфейс. Алгоритм работы с системой состоит в использовании и предоставлении готового функционала системы в виде реализации её пользовательского интерфейса. Задача системы – это размещение и сопровождение проектных решений для населения (рис. 2). Интерфейс системы должен быть максимально удобен, интуитивно понятен, должен учитывать спецификации системы. Функционал элемента поддержки системы и входящие в неё компоненты должны безотлагательно и непрерывно сопровождать, наполнять контент, изменять и вносить корректировки в работу системы. Для отображения актуальной информации необходимы качественные материалы дистанционного зондирования Земли.

Результат проектирования и реализация заявленных возможностей состоят в готовом программном приложении, которое необхо-

димо комплексно протестировать с целью определения возможных ошибок, с момента запуска и эксплуатации всей информационной системы. При этом необходимо учитывать специфику и направленность сервиса в отрасль управления урбанизированных территорий. Для решения задачи определения наличия ошибок в системе требуется комплексный подход тестирования системы, включающий в себя организационное тестирование по принципу «белого ящика» состоящий из следующих этапов:

● Тестирование квалифицированными специалистами в сфере информационных технологий.

● Тестирование специалистами в сфере контроля и управления городскими территориями.

● Тестирование специалистами геоинформационных систем и сотрудниками лесного и ландшафтного направления.

Специфика организационного тестирования состоит в том, что данный подход позволяет минимизировать количество ошибок на стадии использования функциональных возможностей системы, так могут определяться недостающие модули в составе системы, при этом исключаются структурные ошибки на этапе проектирования интерфейса программы. Тестирование специалистами лесного и ландшафтного направления необходимо для правильного размещения пространственного размещения растительности в предлагаемых планах благоустройства, загруженных в систему, а также проведения оценок предлагаемых посадок наиболее рекреационно-привлекательных пород в городской среде. Однако, несмотря на достаточное комплексное организационное тестирование, требуется провести тестирование по принципу автоматизированного подхода.

● Автоматизированное тестирование информационной системы (средствами Web Performance Tester) наиболее точный вид тестирования с точки зрения определения наличия ошибок в составе структуры машинного кода программы, при этом используются так называемые программы тестирования, включающие в себя специальные алгоритмы проверки или тест-кейсы, алгоритмы имитации и моделирования нагрузочных параметров при эксплуатации системы.

Рис. 2. Основные компоненты в составе системы сервиса

Рис. 3. Алгоритм работы сопровождения проекта благоустройства

Совокупная таблица методов тестирования разрабатываемой информационной системы

Вид тестирования	Количество проходов	Информационная система благоустройства городских парков NET.PARK		
		Отладки	Генерация кода	Итог
1. Функциональное тестирование	30	38	требуется	пройден
1.1. Тест IT-специалистами	10	17	требуется	пройден
1.2. Тест специалистами управления территориями	10	8	не требуется	пройден
1.3. Тест ГИС-специалистами	10	13	требуется	пройден
2. Автоматизированное тестирование	50	4	требуется	Нет

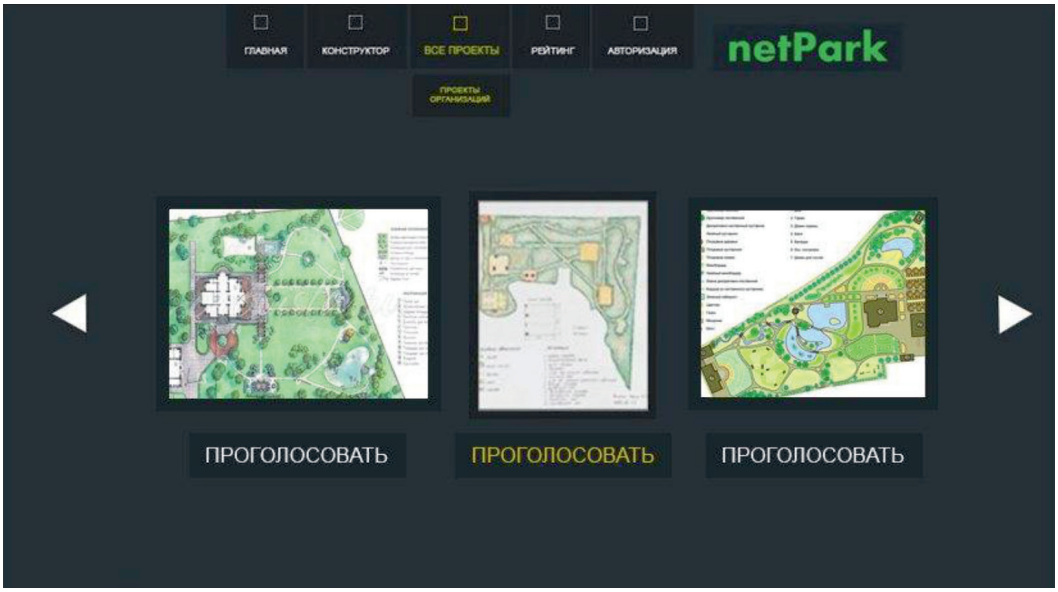


Рис. 4. Визуализация проектов благоустройства в системе

Приведём совокупную таблицу методов тестирования разрабатываемой информационной системы.

Для исправления ошибок сгенерированного кода использовались свободно распространяемые плагины для чистки сгенерированных классов ***maven-clean-plugin 3.0.0.*** Тестирование проводилось на базе лаборатории геоинформационных систем СПБГЛТУ.

Технические системы в целом и системы управления в частности можно классифицировать по различным признакам, например структуре, степени автоматизации, характеру функционирования, динамическим свойствам, степени сложности, порядку описывающих их дифференциальных уравнений и др. [5]. Информационную систему благоустройства можно отнести к категории систем управления территориями.

Информационная система благоустройства городских парков необходима для принятия решений о правильном и рациональном использовании урбанизированных территорий. При этом особенность системы состоит в том, что составляющие её модули, в задачи которых входит выявление и идентификация наиболее востребованных, логичных проектных решений по благоустройству зелёных территорий, могут быть расширены за счёт декомпозиции системы. Введение рейтинговой системы голосования в состав функционала системы сервиса является необходимым условием планомерного и динамичного развития городской инфраструктуры, учитывая мнения граждан. При организации ведения хозяйства и сопровождении проекта по благоустройству территории должно учитываться мнение населения, непосредственно проживающего в зоне проектирования плана благоустройства. Использование системы благоустройства в качестве системы рейтинговой оценки проектов и планов территорий даст

возможность исключить подготовку и реализацию проектно-изыскательных решений, элементы которых не являются требуемыми для социального слоя населения. Открытая информационная система позволит предоставить необходимую поддержку информационного обеспечения населения на муниципальном уровне и городском уровне. При этом заинтересованные компании могут размещать частные проекты и предложения по благоустройству зеленых насаждений общего пользования.

Заключение

Развитие программно-аппаратных средств, общий уровень информационного обеспечения позволяет на сегодняшний день эффективно использовать потенциал геоинформационных систем. Разработка локальных геоинформационных систем в интересах управления городскими территориями – необходимый процесс для поддержки принятия управленческих решений. Предлагаемая система способна обеспечить мониторинг проектно-визуальной документации планов по развитию зелёных насаждений общего пользования. В настоящее время геоинформационная система благоустройства городских парков «NET.PARK» прошла освидетельствование в федеральном органе исполнительной власти по интеллектуальной собственности с присвоением номера для программ ЭВМ.

Список литературы

1. Горохов В.А. Насаждения общего, ограниченного пользования и специального назначения [Электронный ресурс]. – URL: http://landscape.totalarch.com/node/12 (дата обращения: 07.06.2017).

2. Карелин Д.В., Мурашко О.О. Технические рекомендации инженерного благоустройства урбанизированных территорий / Методическое пособие по дисциплине « Комплексное инженерное благоустройство городских территорий» // Д.В. Карелин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://goo.gl/YFJtxs (дата обращения: 12.06.2017).

3. О осуществлении рекреационной деятельности [Текст]: Лесной кодекс Российской Федерации // Федеральный закон от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 01.07.2017).

4. Вагизов М.Р. Разработка интерактивного картографического сервиса: описание структуры и механизмов взаимодействия системы / М.Р. Вагизов, Г.Р. Сиразетдинова // Международный научно-практический журнал «Лесная таксация и лесоустройство». – 2015. – № 1(52). – С. 56–61.

5. Матвеевский В.Р. Проектирование технических систем: Учебное пособие. – М.: МГИЭМ, 2003. – 103 с.

УДК 656:51-7

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Гарькина И.А., Гарькин И.Н., Данилов А.М.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, e-mail: fmatem@pguas.ru

На основе анализа существующих методов идентификации многокритериальных динамических систем предлагается теоретико-экспериментальный метод имитационного моделирования транспортных эргатических систем. В методе предусматривается ретроспективное определение по данным нормальной эксплуатации обобщенных характеристик двух систем: «оператор – объект управления» и «оператор – имитационная модель». Параметры имитационной модели находятся сначала по данным, полученным только для объекта, а затем экспериментально для системы «оператор – имитационная модель». Передаточная функция некоторого корректирующего устройства, учитывающего влияние коррелированного с выходным сигналом части входного сигнала (эксперимент, доводка имитационной модели, определение передаточной функции корректирующего устройства; эксперимент, доводка имитационной модели и т.д.), определяется итеративно. Дается метод настройки характеристик обучающих комплексов для подготовки операторов мобильных систем различного назначения.

Ключевые слова: эргатические системы, стиль управления, оценка качества, имитационная модель, методы разработки, теоретико-экспериментальный метод

IMITATIVE MODELING OF ERGATIC SYSTEMS

Garkina I.A., Garkin I.N., Danilov A.M.

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: fmatem@pguas.ru

Based on the analysis of existing methods for identification of multicriteria dynamic systems, a theoretical-experimental method for simulating transport ergatic systems is proposed. The method provides a retrospective definition of the generalized characteristics of two systems according to normal operation: «operator – control object» and «operator-simulation model». The parameters of the simulation model are first based on data obtained only for the object, and then experimentally for the «operator-simulation model» system. The transfer function of some correcting device that takes into account the effect of the portion of the input signal correlated with the output signal (experiment, modification of the simulation model, determination of the transfer function of the correcting device, experiment, modification of the simulation model, etc.) is determined iteratively. The method of adjusting the characteristics of training complexes for the training of operators of mobile systems for various purposes is given.

Keywords: ergatic systems, management style, quality assessment, simulation model, development methods, theoretical-experimental method

Задачи имитации эргатических систем заключаются в воспроизведении штатных условий эксплуатации, предпосылок возникновения особых ситуаций и их протекания, как при правильных, так и неправильных действиях оператора во всем принятом для имитации диапазоне ожидаемых условий эксплуатации. Резкое усложнение объектов и их систем повлекло за собой и усложнение имитаторов, что привело к увеличению как стоимости опытно-конструкторских разработок, так и времени, затрачиваемого на поиски приемлемого конструкторского решения.

Так, одним из наиболее сложных и важных этапов создания авиационных тренажеров является разработка имитатора динамики полета. Совершенствование моделей динамики полета происходит на основе построения рациональных математических моделей на базе гибкого модульного программно-математического обеспечения, автоматизации проектирования и испытаний, новых методик идентификации и корректировки математических моделей. В числе особо важных задач:

– разработка и внедрение единой автоматизированной системы сбора и обработки информации для моделирования динамики полета;

– формирование банка исходных данных, создание технологии его формирования и корректировки;

– разработка рациональных математических моделей на базе унифицированного модульно-блочного программно-математического обеспечения по классам летательных аппаратов;

– определение требуемой точности моделирования летно-технических характеристик, исходя из обучающих свойств тренажеров с разработкой характеристик и обоснованных допусков на каждую из них.

– разработка методики идентификации и корректировки летно-технических характеристик тренажера под реальный объект управления с разработкой критериев по всем режимам полёта;

– разработка и внедрение системы автоматизированного проектирования и испытаний имитатора динамики полета.

Единая автоматизированная система сбора, обработки и корректировки исходной информации должна предусматривать:

– использование эффективной технологии сбора исходной информации;

– использование исходной информации, включающей аэродинамические коэффициенты, геометрические данные, моменты инерции, летно-технические характеристики и другие данные, необходимые для создания математической модели динамики полета различных классов объекта;

– использование эффективных методов, обеспечивающих приемлемые сроки корректировки банка исходных данных;

– использование математического описания аэродинамических коэффициентов с указанием системы координат и др.

В настоящее время математическая модель динамики полета строится по принципу гибкой модульной структуры с оптимизацией взаимосвязей, обеспечивающей максимально возможную унификацию. Модули должны иметь законченное программно-математическое обеспечение. Структура модели должна обеспечивать возможность корректировки выходных характеристик тренажера под реальные летно-технические характеристики объекта управления. Предполагается наличие модуля для автоматизированной проверки исправной работы модели. По каждому модулю должно быть определено допустимое время вычислений. Обоснование требуемой точности моделирования динамики полета должно выполняться исходя из условий формирования полноценных профессиональных навыков при обучении на тренажере. Объективные показатели имитационных свойств тренажеров должны позволить провести оценку: результирующих характеристик пилотирования, качества управления, основных эргономических характеристик. Предусматривается сравнение групп показателей для условий имитатора и реального объекта.

Отметим, что методика идентификации должна быть увязана с перечнем летно-технических характеристик. Предполагается возможность корректировки модулей динамики полета.

Рассматриваемая задача непосредственно связана с разработкой методов оценки качества управления в эргатической системе. Предпочтение отдается методам, которые в дальнейшем могут использоваться при решении задачи идентификации целостной человеко-машинной системы в виде целостной же системы «оператор – имитационная модель объекта». Укажем основные теоретические трудности решения задачи идентификации эргатических систем. Несмотря на обилие литературы по этому вопросу, авторы избегают принципиальных трудностей. Так, в научных школах «человек-оператор» рассматривается как некоторое собирательное понятие: «система отображения информации + человек + органы управления». Описывается связь входного сигнала, поступающего на оператор, с выходным сигналом, на основе сравнения текущего входного сигнала с опорным. Однако фактически умалчивается, что опорный сигнал практически не формализуется. Поэтому впоследствии была предложена (по каждому из каналов управления) сравнительно простая структурная схема (рис. 1) эргатической системы [1]. Из схемы с очевидностью следует, почему в литературе уходят от формализованного рассмотрения структурной схемы: все дело в том, что не формализуется элементарнейший сумматор, без чего нельзя составить уравнение замыкания.

Поэтому можно лишь косвенными методами решить задачу идентификации эргатической системы. Отсутствие уравнения замыкания (невозможность его получения) не позволяет во входном сигнале (в управляющих движениях оператора), поступающем на объект, выделить сигнал, коррелированный с выходным сигналом. Теоретически задачу идентификации никогда не решить, так же как только экспериментально. Однако требуется ясность в понимании именно теоретических трудностей. Поэтому предлагается теоретико-экспериментальный метод идентификации целостной эргатической системы. Существует тенденция свести задачу имитационного моделирования эргатической системы к идентификации лишь объекта моделирования. В предлагаемом методе предусматривается ретроспективное определение по данным нормальной эксплуатации обобщенных характеристик двух систем: «оператор – объект управления» и «оператор – имитационная модель»; находятся параметры имитационной модели: сначала по данным, полученным только для объекта, затем (экспериментально) для системы «оператор – имитационная модель». Итерационно определяется передаточная функция некоторого корректирующего устройства, учитывающего влияние коррелированного с выходным сигналом части входного сигнала (эксперимент, доводка имитационной модели, определение передаточной функции корректирующего устройства; эксперимент, доводка имитационной модели и т.д.).

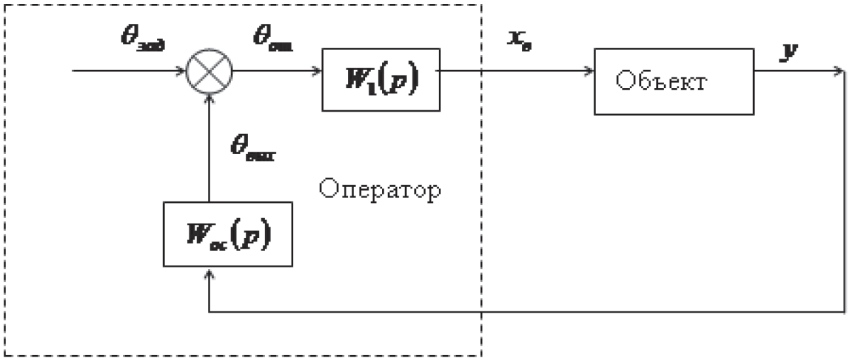


Рис. 1. Структурная схема управления продольным движением: $W_{ос}(p)$ – передаточная функция анализатора, $W_1(p)$ – передаточная функция моторной части оператора, сумматор – сравнивающее «устройство» центральной нервной системы

Как уже отмечалось, в силу трудностей описания человека многие авторы ограничиваются идентификацией лишь собственно объекта. Но при идентификации должны быть получены все частные операторы не только объекта, но и человека. Характеристики имитационной модели должны быть такими, чтобы управляющие воздействия в системах «оператор – имитационная модель» и «оператор – объект» были по возможности близкими (передаточные функции оператора совпадают). В число передаточных функций оператора входят операторы формирования управляющих воздействий по различным каналам управления (визуальный, шумовой, акселерационный, тактильный и т.д.); при имитационном моделировании требуется создание информационного подобия двух указанных эргатических систем. Известно, в соответствии с *организмическим принципом* (человек в эргатической системе ведет себя организмически оптимально) объект предопределяет поведение оператора. Это несколько облегчает задачу: появляется возможность свести оценку точности идентификации к оценке структуры не вообще всего класса управляющих движений оператора, а лишь *оптимальных управляющих воздействий* в системах «оператор – имитационная модель» и «оператор – объект», когда *процесс адаптации оператора уже завершился*. До настоящего времени в практике обучения полная адаптация вообще не допускается, чтобы *избежать формирования ложных навыков*. Из этого с очевидностью следует, схожесть управляющих движений на реальном объекте и модели, а стало быть, и близость оптимальных управлений может быть достигнута лишь тогда, когда с достаточной для практических целей точностью (оценка по схожести управлений) будет проведена идентификация эргатической системы «оператор – объект». Пришли к важному выводу: *определение качества управления* в эргатической системе является лишь *первым шагом при идентификации*, возможным и крайне необходимым ее инструментом.

Ясно, *оценка качества управления* или попросту структуры управляющих движений является *многокритериальной*. Однако оценка по векторному критерию во многих случаях практически невозможна, поскольку критерии, как правило, противоречивы. Нередко осуществляется скаляризация системы частных критериев (свертывание критериев в один – глобальный интегральный критерий). Какие же частные критерии стоит вводить в глобальный критерий, характеризующий стиль управления, и как определить весовые коэффициенты частных критериев, входящих в глобальный критерий? Так как частные критерии являются разноразмерными, возникает задача их нормализации. Как установить, действительно ли эти критерии существенны или нет? Как, наконец, по глобальному критерию определить балльную оценку структуры управляющих движений?

Такой теоретико-экспериментальный подход был реализован при разработке различных комплексов для подготовки операторов транспортных систем [2–4]. Использовался единый алгоритм объективной оценки качества управления, основанный на использовании спектральных характеристик центрированных процессов управления. Определение кодированных

значений частных критериев производилось с учетом интервалов их изменения в ансамбле реализаций. Весовые константы находились с учетом корреляционных связей между частными, групповыми и глобальным критериями (устанавливался физический смысл каждого из них). Предусматривалась оценка как в десятибалльной, так и в другой любой шкале. В оценке участвовали только те процессы, которые укладывались в заданном коридоре (положительные оценки).

Естественным является желание использовать разработанные методы оценки качества управления при идентификации. Поэтому одновременно с методикой оценки управляющих движений, основанной на использовании обычных спектров Фурье, анализировалась возможность использования обобщенных рядов Фурье, в частности разложение управляющих воздействий по ортогональным полиномам Ляггера. Они позволили не только идентифицировать управляющее движение, но и определить обобщенные передаточные функции эргатических систем (при известных спектрах управляющих движений и выходных величин). В ряде случаев использовались ортогональные полиномы Чебышева.

Трудности идентификации усугублялись некорректностью задачи определения передаточных функций в частотной области по спектральным характеристикам. Здесь некорректность понимается в смысле малой устойчивости результатов (в зависимости от вида входных процессов ошибка может быть сколь угодно велика). Поэтому возникает необходимость выделения ортонормированной системы, по которой следует разлагать процессы. Напрашиваются аналогии: связь разработанной оптимальной системы и функционала качества; связь передаточных свойств и спектральных характеристик [4–6].

При разработке обучающих комплексов параллельно использовались:

– экспериментальная оценка точности определения спектральных характеристик, связь спектральных характеристик с параметрами управляющих движений как импульсных процессов;

– определение интервалов достоверности результатов в частотной области, в том числе на основе μ-критерия;

– выбор ортонормированной системы с быстрой сходимостью обобщенного ряда Фурье при идентификации (такой системой оказалась система полиномов Ляггера).

При анализе случайных сигналов на входе объекта использовались статистические характеристики источников этих сигналов. В качестве меры неопределенности значения некоторого параметра a_i принималось среднеквадратичное значение дисперсии. А именно:

$$\overline{da_i^2} = \frac{2\pi}{T} \frac{\int_{-\infty}^{\infty} d\omega \cdot S_{xx}(\omega) \cdot S_{nn}(\omega) \cdot \left[\left(\frac{\partial W(j\omega)}{\partial a_i} \right)_{a_{i0}} \right]^2}{\left[\int_{-\infty}^{\infty} d\omega \cdot S_{xx}(\omega) \cdot \left| \left(\frac{\partial W(j\omega)}{\partial a_i} \right) \right|^2 \right]^2},$$

a_i – i-й параметр в передаточной функции модели $W(j\omega)$;

a_{i0} – значения параметров $W(j\omega)$, при которых модель и объект оказываются идентичными (фактически определенные значения параметров a_i);

$\overline{da_i} = a_i - a_{i0}$ – отклонения параметров;

$\overline{da_i^2}$ – среднеквадратичное значение дисперсии параметра;

S_{xx} – спектральная плотность $x(t)$;

S_{nn} – спектральная плотность $n(t)$.

Указанные недостатки методов идентификации в частотной области привели к необходимости оценки и иных методов идентификации, в частности *регрессионной идентификации*. Она позволяет определить параметры уравнений движения системы «оператор – объект» *для реализации этих параметров в системе «оператор – имитационная модель»* [7].

При обработке экспериментальных данных использовалась серия алгоритмов для статистического анализа. Это касается определения параметров дискретизации, интервалов усреднения, выбор длительности реализации, алгоритмов определения вероятностей частот в управляющих движениях по спектральным характеристикам и др.

Рядом исследователей указывается необходимость достижения полного информационного подобия в системах «оператор – объект» и «оператор – имитационная модель». Однако возможен и другой подход – деформация динамических свойств объекта в имитационной модели для компенсации информационного дефицита (отсутствие информационного подобия). В частности, можно воспользоваться методом целенаправленной деформации динамических характеристик объекта на основе расширенного использования методов математического планирования эксперимента (позволит уменьшить риск, связанный с использованием метода проб и ошибок) [8, 9].

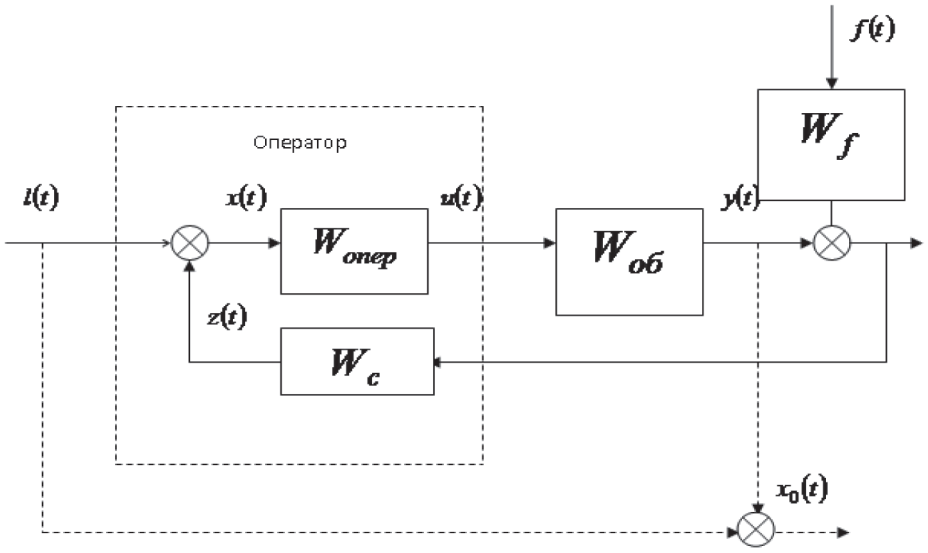


Рис. 2. Структурная схема системы «оператор – имитационная модель»

При оценке требований к реализации динамических характеристик объекта в имитационной модели структурная схема системы «оператор – имитационная модель» представлялась в виде, приведенном на рис. 2.

Стиль управления в эргатической системе определяется внутренней структурой сигнала ошибки

$$x_0(t) = l(t) - y(t);\ x_0(p) = W_3(p)l(p);$$

в режиме стабилизации $l(t)$ можно рассматривать как стационарную случайную функцию.

Здесь

$$W_3(p) = \frac{x_{0н}(p)}{l(p)} = 1 - \frac{y(p)}{l(p)} = \frac{1 + W(p) - W_o(p)}{1 + W_н(p)} = \frac{1 + W_{опер}W_{об}W_c - W_{опер}W_{об}}{1 + W_{опер}W_{об}W_c} = \frac{b_m p^m + \cdots + b_0}{a_n p^n + \cdots + a_0},$$

$$W_н(p) = \frac{z(p)}{x(p)} = W_0 W_c,\ W_0 = \frac{y(p)}{z(p)};$$

$W_н(p)$ – передаточная функция разомкнутой системы, W_0 – передаточная функция прямого разомкнутого канала, W_1 – передаточная функция обратной связи.

Синтез имитационной модели объекта сводился к определению параметров $W_{об}$ так, чтобы в системе «оператор – имитационная модель» $x_0(t) = l(t) - y(t)$ имела требуемую внутреннюю структуру (определяется видом $S_{x_0}(\omega)$), во всяком случае, заданные m_{x_0} и $K_{x_0}(\tau)$, или заданную спектральную характеристику $S_{x_0}(\omega)$.

Справедливо

$$m_{x_0} = M\left[x_o(t)\right] = \frac{b_0}{a_0} m_l = \frac{b_0}{a_0} M\left[l(t)\right],$$

$$S_{x_0}(\omega) = \left|W_3(p)\right|^2 S_l(\omega),$$

$$D\left[x_0(t)\right] = 2\int_0^\infty S_{x_0}(\omega)\, d\omega.$$

Таким образом, если известна функция $l(t)$, то для получения требуемой структуры $x_0(t)$ следует определить параметры $W_3(p)$ по известным $m_{x_0}, m_l, S_{x_0}, S_l, D_{x_0}$.

Список литературы

1. Бростилов С.А., Голушко Д.А., Горячев Н.В., Трусов В.А., Юрков Н.К. Экспериментальная информационно-измерительная система для проведения испытаний на воздействие вибрации // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2017. – № 1 (19). – С. 65–72.

2. Будылина Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М. Приближенные методы декомпозиции при настройке имитаторов динамических систем // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 150–156.

3. Будылина Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М., Дулатов Р.Л. Структурная и параметрическая идентификация сложных эргатических систем // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–5. – С. 919–922.

4. Годунов А.И., Квятковский Ю.Г., Юрков Н.К. Синтез автоматизированной системы оценивания качества пилотирования на авиационном тренажере // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. – № 1. – С. 58–64.

5. Лапшин Э.В., Беликов Г.Г., Жашкова Т.В. Системы координат и математические модели кинематики и динамики движения самолёта // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – № 4 (26). – С. 209–217.

6. Лапшин Э.В., Беликов Г.Г., Кочегаров И.И., Романенко Ю.А. Роль интеллектуальных систем автоматизированного проектирования при создании авиационных тренажеров // Труды международного симпозиума. Надежность и качество. – 2015. – Т. 2. – С. 299–300.

7. Лапшин Э.В., Кемалов Б.К., Куатов Б.Ж. Проектирование авиационных тренажеров с распараллеливанием вычислительных процессов // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 4 (16). – С. 128–141.

8. Лапшин Э.В., Трусов В.А. Использование методов численного интегрирования в моделях летательных аппаратов // Труды международного симпозиума. Надежность и качество. – 2016. – № 2. – С. 336–338.

9. Юрков Н.К. Концепция синтеза сложных наукоемких изделий // Труды международного симпозиума. Надежность и качество. – 2012. – Т. 1. – С. 3–5.

УДК 621.43-232.174.001.5:539.319

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ШАТУННЫХ БОЛТАХ ШАТУНОВ С ПРЯМЫМ РАЗЪЕМОМ

Гоц А.Н.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: hotz@mail.ru

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований по определению напряжений в закладных шатунных болтах при их затяжке, а также при нагружении шатуна продольной силой. Из-за деформации кривошипной головки шатуна, а также ввиду внецентренного приложения осевой нагрузки в поперечных сечениях шатунных болтов возникают напряжения, неравномерно распределенные в поперечном сечении. Поэтому их можно разделить на напряжения от действия растягивающей нагрузки, а также напряжения от деформации изгиба. Показано, что причиной изгиба болтов при нагружении шатунов продольными силами является деформация кривошипной головки. Поскольку закладные шатунные болты призонными участками на стержне болта центрируют крышку относительно кривошипной головки, то деформация всей конструкции шатуна полностью передается шатунным болтам. Даны рекомендации по расчету шатунов с учетом деформации изгиба.

Ключевые слова: шатуны, закладные шатунные болты, напряжения изгиба, напряжения растяжения, кривошипная головка, крышка шатуна

DETERMINATION STRESSES IN THE CONNECTING ROD BOLTS WITH THE HORIZONTALLY SPLIT CONNECTING ROD

Gots A.N.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, e-mail: hotz@mail.ru

The article gives the results of experimental studies on the determination of the stresses in the section connecting rod bolts when it is tightening, and when the longitudinal force is loading on connecting rod. The connecting rod have the deformation , and because of the eccentric application of axial loads in the cross sections of the connecting rod bolts, the stresses appear unevenly distributed in the cross section. Therefore, they can be divided into stresses from a longitudinal load, and stresses from bending deformation. It is shown that the cause of bending of bolts when the connecting rod is loading of longitudinal forces is the deformation the head of connecting rod. Since the bolts in the connecting rod with horizontally split tightening portions of the connecting rod is centered relative to the head, the deformation of the whole structure of the connecting rod changes the shape of the connecting rod bolts. We gave the recommendations on the calculation of connecting rod subject to bending deformation.

Keywords: connecting rod, connecting rod bolts, stresses from bending, stresses from longitudinal force, head of connecting rod, lid of connecting rod

В шатунах с прямым разъемом кривошипной головки крышки фиксируют от смещений в поперечном направлении шатунными болтами, на которых имеются призонные участки – участок стержня болта с увеличением диаметра, чтобы происходило центрирование крышки и кривошипной головки. Поскольку такие болты устанавливаются в отверстие кривошипной головки, а плотность стыка обеспечивается затяжкой шатунных болтов гайками, то такие болты называют закладными. Поэтому если жесткость кривошипной головки недостаточна, то деформация ее может вызывать изгибные напряжения в шатунных болтах. Это было показано в работах [1–3], однако причины появления изгибных напряжений в этих работах не были указаны. Заметим, что при исследовании напряжений в шатунных болтах можно найти коэффициент основной нагрузки резьбового соединения, который необходим для расчета шатунных болтов при действии переменной нагрузки.

Цель исследования

Исследовать напряженное состояние закладных шатунных болтов при затяжке (в процессе сборки) и при нагружении шатуна продольными силами.

Определить напряжения в закладных шатунных болтах шатунов с прямым разъемом кривошипной головки при затяжке болтов для обеспечения плотности стыка, а также коэффициент основной нагрузки резьбового соединения.

Материалы и методы исследования

Исследование будем проводить, опираясь на методику, приведенную в работах [1, 2]. Для пояснения сути исследования вкратце приведем порядок выполнения работы.

На внешней стороне стержня шатунных болтов наклеиваются тензорезисторы. Поскольку для расчета необходимы координаты точек измерения напряжений, то обычно их наклеивают в трех точках, расположенных по окружности через 120° (рис. 1). Если представить, что напряжения в поперечном сечении распределяются линейно, значения их в каждой точке

можно представить в виде некоторых векторов, которые опираются на плоскость. Поэтому по оси z, направленной перпендикулярно плоскости, координаты трех точек A_1, B_1 и C_1 (см. рис. 1) будут равны величине напряжений в этих точках $\sigma_{A_1}, \sigma_{B_1}, \sigma_{C_1}$. Если радиус участка болта, где наклеены тензорезисторы, равен r, то учитывая, что точки располагаются под углом 120° друг относительно друга, координаты их в осях x и y будут равны: $A_1(r; 0)$;

$A_1(r; 0)$, $B_1(-r/2; r\sqrt{3}/2)$; $C_1(-r/2, -r\sqrt{3}/2)$. Для произвольной точки: $M(r\cos\varphi, r\sin\varphi, \sigma)$ (см. рис. 1).

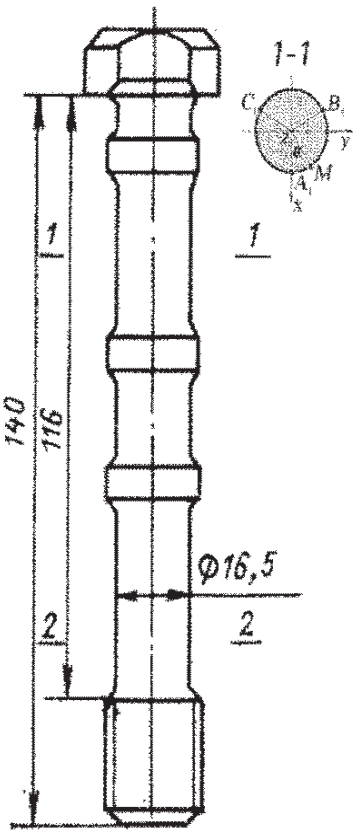


Рис. 1. Шатунный болт с тремя призонными участками: 1-1 и 2-2 – участки, на которых наклеиваются тензорезисторы

Уравнение плоскости, проходящей через три различные точки A_1, B_1 и C_1, не лежащие на одной прямой, имеет вид [3]:

$$\begin{vmatrix} r\cos\alpha - r & r\sin\alpha & \sigma - \sigma_{A_1} \\ -3r/2 & r\sqrt{3}/2 & \sigma_{B_1} - \sigma_{A_1} \\ -3r/2 & -r\sqrt{3}/2 & \sigma_{C_1} - \sigma_{A_1} \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

Уравнение (1) дает необходимое и достаточное условие принадлежности точки $M(r\cos\alpha, r\sin\alpha, \sigma)$ этой плоскости.

Раскрыв определитель (1), получим уравнение для определения напряжения σ в произвольной точке. Исследуя это уравнение на экстремум, получим напряжение, равномерно распределенное по сечению (от растягивающей силы) равно среднему значению в точках A_1, B_1 и C_1:

$$\sigma_{ras} = \frac{1}{3}\left(\sigma_{A_1} + \sigma_{B_1} + \sigma_{C_1}\right), \quad (2)$$

а максимальное или минимальное напряжения изгиба (изменяющиеся по линейному закону) имеют вид

$$\sigma_{izg} = \frac{\sqrt{3}}{3}\left(\sigma_{B_1} - \sigma_{C_1}\right)\sin\alpha_0 - \frac{1}{3}\left(\sigma_{B_1} + \sigma_{C_1} - 2\sigma_{A_1}\right)\cos\alpha_0. \quad (3)$$

Угол α_0, при котором напряжения достигают максимального или минимального значение, определяется по формулам [2, 3]:

$$\sin\varphi_0 = -\frac{\sqrt{3}\left(\sigma_{B_1} - \sigma_{C_1}\right)}{\sqrt{\left(\sigma_{B_1} + \sigma_{C_1} - 2\sigma_{A_1}\right)^2 + 3\left(\sigma_{B_1} - \sigma_{C_1}\right)^2}};$$

$$\cos\varphi_0 = \frac{\sigma_{B_1} + \sigma_{C_1} - 2\sigma_{A_1}}{\sqrt{\left(\sigma_{B_1} + \sigma_{C_1} - 2\sigma_{A_1}\right)^2 + 3\left(\sigma_{B_1} - \sigma_{C_1}\right)^2}}. \quad (4)$$

Заметим, что напряжение изгиба определяется относительно плоскости, определяемой напряжениями растяжения по формуле (2). Поэтому минимальное напряжение вычисляется с отрицательным знаком. Ввиду этого максимальные и минимальные напряжения в поперечном сечении болта равны

$$\begin{cases} \sigma_{\max} = \sigma_{ras} + \sigma_{izg}; \\ \sigma_{\min} = \sigma_{ras} - \sigma_{izg}. \end{cases} \quad (5)$$

Если после затяжки шатунных болтов усилием Q_z к шатуну приложить внешнюю растягивающую нагрузку P, то общая нагрузка на один болт P_Σ будет равна

$$P_\Sigma = Q_z + 0{,}5\chi P, \quad (6)$$

где χ – коэффициент основной нагрузки резьбового соединения; коэффициент 0,5, так как разъем прямой и нагрузка воспринимается двумя болтами.

Разделив составляющие в зависимости (6) на площадь поперечного сечения стержня болта F_b, определим напряжение в сечении от действия усилия затяжки и приложенной к шатуну внешней нагрузки:

$$\chi = \frac{\sigma_\Sigma - \sigma_z}{\sigma_b}. \quad (7)$$

Из зависимости (7) можно определить коэффициент основной нагрузки, если сначала замерить напряжения при затяжке шатунных болтов, а затем – отдельно при нагружении шатуна внешней силой P. Просуммировав напряжения от этих двух отдельных нагружений – сначала от усилия затяжки Q_z, а затем от половины нагрузки на шатун $0{,}5P$, определим σ_Σ. В этом случае χ равно

$$\chi = \frac{\sigma_\Sigma - \sigma_z}{\sigma_b}, \quad (8)$$

где $\sigma_b = 0{,}5P/F_b$.

Результаты исследования и их обсуждение

Для калибровки ключа предельного момента для затяжки шатунных болтов в начале испытаний болты вворачивались в резьбовое на пластине, а между пластиной

и опорной поверхностью болта устанавливалась цилиндрическая втулка с наклеенными тензорезисторами [4, 5]. В результате калибровки была получена зависимость между моментом затяжки $M_z = f(Q_z)$.

В сечениях 1-1 и 2-2 (см. рис. 1), расположенных от опорной поверхности головки болта на расстояниях 50 мм и 100 мм, были наклеены тензорезисторы на внешней поверхности болта через 120° с базой 5 мм. Для измерения относительных деформаций использовался измеритель деформаций с погрешностью измерений единицы относительной деформации 20 ЕОД (1 ЕОД = $1 \cdot 10^{-6}$ относительной деформации ε). Площадь поперечного сечения болта в сечениях 1-1 и 2-2 равна $F_b = 213{,}72 \cdot 10^{-6}$ м^2.

В табл. 1 приведены результаты экспериментальных исследований по определению напряжений в сечении 1-1 стержня болта в точках A_1, B_1 и C_1 (см. рис. 1), а также результаты расчетов по определению максимальных σ_{max}, минимальных σ_{min} напряжений и положения площадки, определяемого углом α_0, где они действуют (в расчетах использовался $\sin\alpha_0$), с использованием зависимостей (2)–(5). Кроме того, определены напряжения от растягивающей нагрузки σ_{ras} и напряжения изгиба σ_{izg}, а также соотношение их $\sigma_{izg}/\sigma_{ras}$ в процентах.

Результаты аналогичных экспериментальных исследований и расчетов распределения напряжений в нижнем сечении 2-2 при затяжке шатунных болтов приведены в табл. 2.

После окончательной затяжки шатунных болтов усилием 93500 Н, шатуны были установлены в испытательную машину, а шатун нагружался внешней продольной силой 20 кН; 30 кН и 40 кН. Результаты распределения напряжений в сечении 1-1 и 2-2 приведены в табл. 3 и 4.

Для того, чтобы определить, как повлияло внешнее нагружение на шатун на распределение напряжений в сечениях 1-1 и 2-2, просуммируем показания тензорезисторов при полной затяжке болтов усилием 93500 Н (последняя строка табл. 1 и 2) и при нагружении шатуна усилиями 20, 30 и 40 кН (табл. 3 и 4).

Таблица 1

Напряжения в шатунном болте при затяжке в сечении 1-1

Усилие затяга, Q_z, Н	Напряжения в трех точках на наружной поверхности болта, МПа			σ_{max}, МПа	σ_{min}, МПа	$\sin\varphi_0$	Напряжение растяжения σ_{ras}, МПа	Напряжение изгиба σ_{izg}, МПа	$\sigma_{izg}/\sigma_{ras} \times 100\%$
	σ_{A1}	σ_{B1}	σ_{C1}						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15500	34,5	141,5	38,6	91,6	51,5	– 0,8486	71,5	20,1	28
25500	92	172	94	134	104,7	– 0,8549	119,3	14,7	12
32500	120	213	125	170,8	134,5	– 0,8411	152,7	18,2	12
45500	170	297	172	235,5	190,5	– 0,8591	213	22,5	11
67500	258	405	269	340,5	280,8	– 0,8305	310,7	29,8	10
93500	352	592	370	486,4	389,6	– 0,8304	438	48,4	11

Таблица 2

Напряжения в шатунном болте при их затяжке в сечении 2-2

Усилие затяжки, Н	Напряжения в трех точках на наружной поверхности болта, МПа			σ_{max}, МПа	σ_{min}, МПа	$\sin\varphi_0$	Напряжение растяжения σ_{ras}, МПа	Напряжение изгиба σ_{izg}, МПа	$\sigma_{izg}/\sigma_{ras} \times 100\%$
	σ_{A1}	σ_{B1}	σ_{C1}						
15500	28,5	30,6	156,5	93,6	50,1	0,8588	71,9	21,7	30
25500	75	86	195	143,1	94,2	0,8216	118,7	24,4	21
32500	115	125	219	174,3	131,7	0,8192	153	21,3	14
45500	163	172	305	240,4	186,2	0,8363	213,3	27,1	13
67500	256	282	412	354,4	279	0,7777	316,7	37,7	12
93500	344	369	599	490,5	384,1	0,8181	437,3	53,2	12

Таблица 3

Напряжения в шатунном болте в сечении 1-1 после затяжки усилием 93500 Н только при нагружении шатуна продольной силой

Усилие в шатуне, Н	Напряженное состояние в трех точках на наружной поверхности болта, МПа			σ_{max}, МПа	σ_{min}, МПа	$\sin\varphi_0$	Напряжение растяжения σ_{ras}, МПа	Напряжение изгиба σ_{izg}, МПа	$\sigma_{izg}/\sigma_{ras}\times100\%$
	σ_{A1}	σ_{B1}	σ_{C1}						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20000	6	9	12	11,31	6,7	0,5	9	2,31	11
30000	17	10	15	15,76	12,24	0,6934	14	1,76	12
40000	24	10	25	21,1	18,24	0,8943	19,7	1,42	7

Таблица 4

Напряжения в шатунном болте в сечении 2-2 после затяжки усилием 93500 Н только при нагружении шатуна продольной силой

Усилие в шатуне, Н	Напряженное состояние в трех точках на наружной поверхности болта, МПа			σ_{max}, МПа	σ_{min}, МПа	$\sin\varphi_0$	Напряжение растяжения σ_{ras}, МПа	Напряжение изгиба σ_{izg}, МПа	$\sigma_{izg}/\sigma_{ras}\times100\%$
	σ_{A1}	σ_{B1}	σ_{C1}						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20000	10	12	9	10,96	9,7	– 0,9820	10,33	0,630	6
30000	15	24	3	14,66	13,34	– 0,9966	14	0,6576	5
40000	24	35	2	21,59	19,1	– 0,9820	20,33	1,26	6

Таблица 5

Напряжения в шатунном болте в сечении 1-1 после затяжки усилием 93500 Н и при нагружении шатуна продольной силой

Усилие в шатуне, Н	Напряженное состояние в трех точках на наружной поверхности болта, МПа			σ_{max}, МПа	σ_{min}, МПа	$\sin\varphi_0$	Напряжение растяжения σ_{ras}, МПа	Напряжение изгиба σ_{izg}, МПа	$\sigma_{и}/\sigma_{р}\times100\%$
	σ_{A1}	σ_{B1}	σ_{C1}						
20000	359	612	372	495,9	399,4	– 0,8423	447,7	48,3	10
30000	369	602	385	498,3	405,68	– 0,8337	452	46,32	10
40000	376	602	395	504,2	411,11	– 0,8256	457,7	46,55	10

Таблица 6

Напряжения в шатунном болте в сечении 2-2 после затяжки усилием 93500 Н и при нагружении шатуна продольной силой

Усилие в шатуне, Н	Напряженное состояние в трех точках на наружной поверхности болта, МПа			σ_{max}, МПа	σ_{min}, МПа	$\sin\varphi_0$	Напряжение растяжения σ_{ras}, МПа	Напряжение изгиба σ_{izg}, МПа	$\sigma_{и}/\sigma_{р}\times100\%$
	σ_{A1}	σ_{B1}	σ_{C1}						
20000	354	381	608	503,4	389,2	0,8136	447,67	54	12
30000	359	393	602	512,2	393,1	0,7042	451,33	55,65	12
40000	368	404	603	517,2	394,7	0,7861	458,33	55,37	12

Таблица 7

Расчет коэффициента основной нагрузки в резьбовом соединении шатуна

Нагрузка на шатун, Н	Напряжения в сечении 1-1, Мпа		Коэффициент основной нагрузки χ	Напряжения в сечении 2-2, Мпа		Коэффициент основной нагрузки χ	Напряжение $\sigma_b = 0{,}5P/F_b$, МПа
	От усилия затяжки σ_{ras}, МПа	Общее напряжение σ_Σ, МПа		От усилия затяжки σ_z, МПа	Общее напряжение σ_Σ, МПа		
1	2	3	4	5	6	7	8
20000	438	447	0,1923	437,7	447,7	0,1923	46,79
30000	438	452	0,1995	437,7	451,33	0,1995	70,18
40000	438	457,7	0,2102	437,7	457,7	0,2102	93,58

Результаты расчетов приведены в табл. 5 и 6.

Наконец, пользуясь результатами расчетов табл. 5 и 6, определим, используя зависимость (8), коэффициент основной нагрузки резьбового соединения шатуна χ, который необходим для определения нагрузки, приходящейся на шатунный болт, при нагружении шатуна внешней нагрузкой. В столбцах 2, и 5 табл. 7 приведены результаты определения напряжений растяжения при затяжке болтов усилием 93500 кН для сечений 1-1 и 2-2. В столбцах 3 и 6 – приведены суммарные напряжения в этих же сечениях от затяжки и последовательно приложенных к шатуну нагрузок 20, 30 и 40 кН. В столбце 8 табл. 7 приведены результаты вычисления напряжений в сечении болта при условии распределения нагрузки на каждый болт (без учета резьбового соединеия).

В столбцах 4 и 7 табл. 7 приведены результаты расчетов коэффициента основной нагрузки для резьбового соединения шатуна: среднее значение – χ = 0,2086.

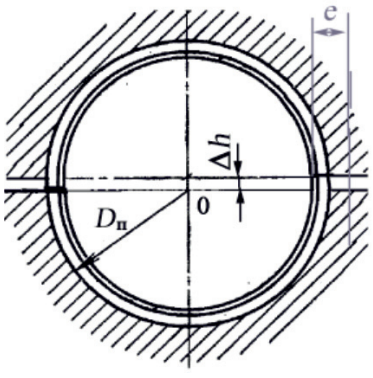


Рис. 2. Установка вкладышей с выступанием Δh в кривошипную головку шатуна

Анализируя результаты экспериментальных исследований (см. табл. 1 и 2), можно отметить, что на начальных этапах затяжки шатунного болта напряжение изгиба составляет почти 28…30 % напряжения растяжения. Это вызвано тем, что в кривошипную головку устанавливаются вкладыши с некоторым выступанием Δ*h* (рис. 2). При затяжке шатунных болтов сначала происходит сжатие вкладышей по длине на величину Δ*h*, только после этого происходит закрытие стыка между крышкой и кривошипной головкой. В этот период сила затяжки действует на удалении *e* (от оси шатунного болта), тем самым вызывая внецентренное приложение нагрузки не только к болту, но и к плоскости стыка.

Это вызывает дополнительную деформацию крышки и кривошипной головки. Схема такой деформации условно показана на рис. 3 (аналогична сжатию шатуна продольной силой). Для деформации вкладышей на величину Δ*h* = 0,08…0,1 мм потребуется усилие 12500…16500 Н. Далее, когда стык закроется внецентренная нагрузка остается, так как передача усилия на деформацию болта передается на среднем радиусе резьбы. Поэтому процент соотношения остается одинаковым (в пределах погрешности измерений).

После затяжки шатунных болтов до усилия 93500 Н и нагружения продольным усилием 20, 30 и 40 кН изгиб шатунных болтов, как следует из данных табл. 3 и 4, происходит в другую сторону, чем при затяжке (это можно заметить по знаку $\sin\alpha_0$ – меняется на противоположный). Это вызвано деформацией кривошипной головки под действием продольных сил. Схематично деформация кривошипной головки под действием продольных сил показана на рис. 4.

Если чисто условно сложить деформации при затяжке шатунных болтов и при нагружении продольной силой, то напряжения изгиба уменьшаются, при этом в сечении 2-2 не намного выше, чем в сечении 1-1, видимо, по причине меньшей жесткости крышки по сравнению с кривошипной головкой.

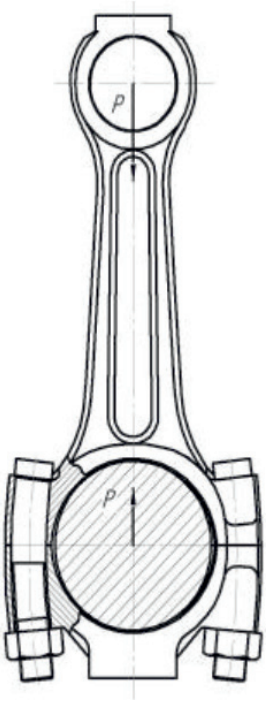


Рис. 3. Деформация кривошипной головки и шатунных болтов при деформации выступания вкладышей

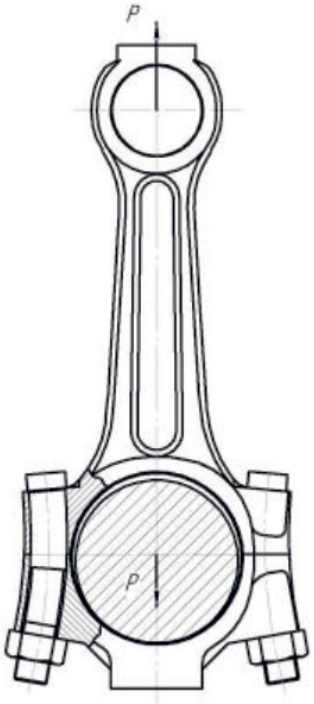


Рис. 4. Схема деформации кривошипной головки шатуна под действием продольной растягивающей силы

Наконец, анализ полученных результатов при вычислении коэффициента основной нагрузки резьбового соединения шатуна χ показывает, что он находится в пределах рекомендуемых [6, 7].

Список литературы

1. Гоц А.Н. Учет напряжений изгиба при расчете шатунных болтов // Двигателестроение. – 2004. – № 4. – С. 16–18.

2. Гоц А.Н. Расчет шатунных болтов с учетом изгиба // Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей: материалы IX Международной научно-практической конференции. Под ред. В.В. Эфроса, А.Н. Гоца. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2005. – С. 307–311.

3. Умнов А.Е. Аналитическая геометрия и линейная алгебра: учебное пособие – 3-е изд., испр. и доп. – М.: МФТИ, 2011. – 544 с.

4. Ряховский О.А., Сыромятников В.С. Экспериментальное определение коэффициента трения в болтовом соединении // Известия вузов. Серия Машиностроение. – 2016. – № 10. – С. 12–13.

5. Сыромятников В.С., Гарсия М.Х.М. и др. Оптимальная затяжка резьбового соединения от раскрытия стыка // Известия вузов. Серия Машиностроение. – 2016. – № 12. – С. 45–50.

6. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.

7. Конструирование двигателей внутреннего сгорания: учебник для вузов / Н.Д. Чайнов, Н.А. Иващенко, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков; под ред. Н.Д. Чайнова. – М.: Машиностроение, 2010. – 495 с.

УДК 669.177.035.4

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК В НЕВОДНОМ ЭЛЕКТРОЛИТЕ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ MnO_2-ЭЛЕКТРОДА

Гусева Е.С., Попова С.С., Францев Р.К.

Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (ЭТИ СГТУ), e-mail: kett-lada@mail.ru

Рассмотрено влияние фуллерена и фторид-ионов на процесс электрохимического модифицирования диоксид-марганцевого электрода лантаном и литием в апротонном органическом электролите методом катодного внедрения (интеркалирования). Установлена природа продуктов внедрения и характер зависимости кинетических характеристик процесса от величины потенциала, температуры и длительности поляризации. Впервые получены емкостные характеристики модифицированного MnO_2-электрода с поверхостными слоями состава $LiLaMnO_2$, $LiLaMnO_2(C_{60})_n$, $LiLaMnO_2F$, $LiLaMnO_2F(C_{60})_n$. Наличие лития, лантаноида (лантан), фуллерена (С60) и фторид-ионов (F^-) в модифицированных поверхностных слоях MnO_2-электрода установлено путем измерения потенциала без тока $E_{б/т}$ и представлено как доказательство методами ВИМС, рентгенофотоэлектронной спектроскопии, рентгенофазового анализа и также методом сканирующей электронной микроскопии. Предложен механизм процесса внедрения лития и лантана из растворов, содержащих фуллерен и фторид-ионы.

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор, ДМФА (диметилформамид), лантаноиды, фторид лития, фуллерен, интеркалирование, катодное внедрение, диоксид марганца

THE INFLUENCE OF ADDITIONS INTO NON-AQUEOUS SOLUTIONS ON MnO_2 ELECTRODE ELECTROCHEMICAL MODIFYING

Guseva E.S., Popova S.S., Frantsev R.K.

Engels technological Institute (branch) of Federal State-Funded Educational Institution «Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A.», e-mail: kett-lada@mail.ru

The influence of fullerene and fluoride ions on the process of electrochemical manganese dioxide electrode modification with lanthanum and lithium in aprotic organic electrolyte by the method of cathode introduction was considered. The nature of introduction products and the dependence character of the kinetic process characteristics from the potential value, temperature and duration of polarization were established. For the first time the capacitive characteristics of the modified MnO_2 electrode with superficial layers of $Li_xLa_yMn_{1-y}O_2$, $Li_xLa_yMn_{1-y}O_2(C_{60})_n$, $Li_xLa_yMn_{1-y}O_{2-\delta}F_\delta$, $Li_xLa_yMn_{1-y}O_{2-\delta}F_\delta(C_{60})_n$ were obtained. The presence of lithium, lanthanum, fullerenes and fluoride ions in the modified superficial layers of MnO_2 electrode was established by measuring a current-free potential and was confirmed by BIMS, X-ray spectroscopy, XFES diffraction and scanning electron microscopy. The mechanism of the implementation process of lithium and lanthanum from a solutions containing fullerene and fluoride ions was proposed.

Keywords: lithium-ion accumulator, DMFA (dimethylformamide), lanthanides, lithium fluoride, fullerene, intercalation, cathode introduction, manganese dioxide

Теоретический анализ

На пороге XXI века литиевые аккумуляторы в повседневной реальности стали уверенно теснить традиционные химические источники тока (ХИТ) [1]. Однако использование в них в качестве материала отрицательного электрода металлического лития не получило своего развития вследствие образования на литии при контакте с окружающей средой пассивирующей пленки, а также дендритообразования и инкапсулирования, что неизбежно ведет к снижению коэффициента использования зарядной емкости и срока службы электрода. Более эффективным оказалось использование сплавов лития с более электроположительными металлами (серебро, алюминий, кадмий, магний, свинец, цинк, кремний, сплавы Вуда и другие) [2]. Наиболее перспективным оказался сплав лития с алюминием. Однако из-за низкой морфологической стабильности этот сплав при циклировании довольно быстро разрушается, что также не могло устроить потребителя. Поэтому поиск энергоёмких электрохимических систем с высокой эффективностью циклирования по литию остаётся не менее актуальным и в настоящее время. В настоящее время большая часть работ посвящена разработке способов модифицирования литийсодержащих сплавов, их оксидов и оксофторидов, обеспечивающих стабильность их структуры и, соответственно, их циклируемость. Среди ряда перспективных направлений поиска можно выделить разработку технологий, основанных на активации электродов литиевых аккумуляторов (ЛА) посредством механических, физико-химических и электрохимических способов обработки. Один из наиболее эффективных способов активации связан с появлением нового направления в теории и технологии ЛА – это способ, основанный на ис-

пользовании метода электрохимического внедрения, который позволяет реализовать высокую циклируемость электродов [3]. Обратимая работа электродов в этом случае обеспечивается благодаря принципиально новому подходу к подбору активных материалов, основанному на том, что в этом случае как положительный (литированные оксиды и оксофториды переходных металлов, так и отрицательный (сплавы лития и его соединения с углеродом) электроды являются своеобразными «резервуарами» для ионов лития, участвующих в переносе зарядов между электродами. При разряде ионы Li^+ покидают анод и перемещаются к катоду, где по каналам, туннелям, межслоевым пространствам кристаллической решетки материала катода внедряются в структуру электрода с образованием соединений внедрения Li_xMeA_y (A: O, S, Se…) вследствие изменения валентности потенциалопределяющего переходного металла (Me: Cr, Ni, V, Mn, Nb, Pb и др.). При заряде ионы лития покидают решетку Li_xMeA_y и восстанавливаются по механизму электрохимического внедрения на отрицательном электроде из сплава лития (LiAl и др.) [4].

Все вышесказанное предопределило цель данного исследования – выявление роли электрохимически активных добавок в электролит и установление закономерностей, обеспечивающих улучшение электрохимических характеристик литированного MnO_2 электрода путем модифицирования его по методу катодного внедрения катионов РЗЭ, анионов F^- и фуллерена C_{60}, как особой формы углерода, обладающей электрохимической активностью [5]. Это может позволить решить проблему отрицательного влияния процесса диспропорционирования ионов марганца (IV) и связанного с этим искажения кристаллической решетки MnO_2 как вследствие возможного влияния эффекта Яна – Теллера [6], так и растворения активного материала катода.

Повышению донорной активности ионов фтора по отношению к ионам лантана и его аналогов должна способствовать достаточно высокая адсорбционная активность высокомолекулярных фуллеренов, их способность переходить в анионную форму и образовывать эндоэдральные (с лантаном и литием) и экзоэдральные (с фтором) соединения [7]. Согласно данным ЯМР и РСА [5], это приводит к росту плотности донорных состояний ионов фтора – в соединении состава $C_{60}F_{18}$ все ионы фтора размещаются на одной полусфере молекулы C_{60}, что делает возможным существование донорно-акцепторных комплексов с наиболее долгим временем жизни.

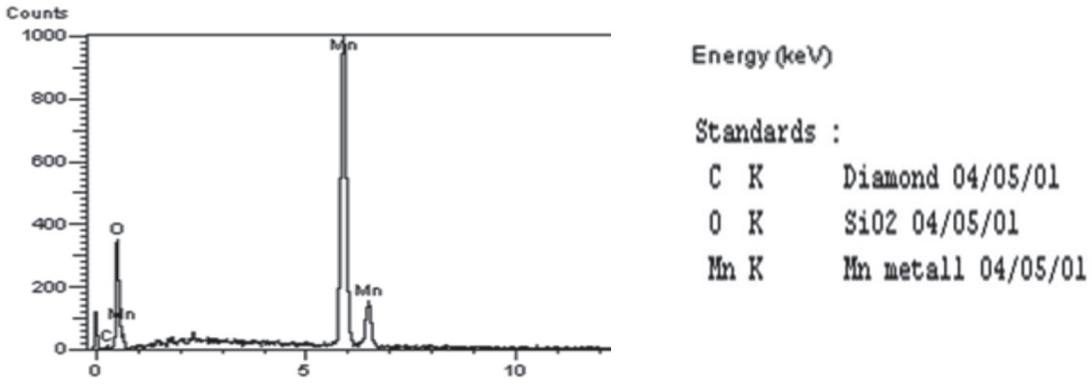
Исходя из вышесказанного, исследование влияния добавок фуллерена совместно с ионами фтора в органические апротонные растворы солей лантана и лития на кинетику внедрения ионов La^{3+} в подрешетку марганца, а также на способность ионов La^{3+} и Li^+ накапливаться во фторированных сферах фуллерена C_{60} и на электрохимическое поведение модифицированного MnO_2-электрода в условиях циклирования, является актуальным.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили исходные MnO_2 электроды, полученные по методике [8] и модифицированные по методу катодного внедрения электроды: Li_xMnO_2, $Li_xLa_yMn_{1-y}O_2$, $Li_xLa_yMn_{1-y}O_2(C_{60})_n$, $Li_xLa_yMn_{1-y}O_{2-\sigma}F_\sigma$, $Li_xLa_yMn_{1-y}O_{2-\sigma}F_\sigma(C_{60})_n$. Катодное интеркалирование лантана осуществляли из раствора 0,5 М салицилата лантана в ДМФ в потенциостатическом режиме при потенциале E = –2,9 В (относительно неводного ХСЭ) в течение 30 минут. Выбранная концентрация добавки фторида лития в раствор соли лантана составляла 14 г/л, соответственно фуллерена C_{60} – 28,1 г/л.

Согласно предварительным исследованиям в растворах соли лантана с добавками фторид-ионов и фуллерена указанных концентраций были зафиксированы наиболее высокие отрицательные значения бестоковых потенциалов модифицированных диоксидномарганцевых электродов, что однозначно указывает на увеличение содержания лантана в них. Поляризационная емкость модифицированных электродов тем более резко меняется в первые 10–20 с, чем ниже концентрация добавки, но при увеличении времени контакта с раствором (t = 20...120 с) перестает зависеть от концентрации добавки и составляет величину $\approx 32 \pm 2$ Ф/см², что на порядок выше, чем на начальном этапе ($C_{пол} \approx 2{,}8 \pm 0{,}2$ Ф/см²). При более длительном контакте бестоковый потенциал сохраняет постоянное значение и емкость электрода стабилизируется. Повышение стабильности заряда литированного диоксида марганца при модифицировании, наряду с ионами лантана и его аналогов, фторид-ионами и фуллереном при потенциалах катодного внедрения щелочного металла согласно [7], обусловлено образованием на поверхности MnO_2 электрода слоя оксофторидов типа $MnO_{2-\sigma}F_\sigma$, которые отличаются высокой стабильностью структуры и явно выраженной устойчивостью к восстановительным процессам. Значительное накопление ионов в междоузлиях и возможность их диффузии внутри кристаллической решетки по вакансионному механизму [9] создают благоприятные условия для захвата фторид-ионов кубическими центрами ионов La^{3+} и переходом последних в тетрагональную форму.

Значительное смещение бестокового потенциала модифицированных $La_yMn_{1-y}O_{2-\delta}F_\delta$ и $La_yMn_{1-y}O_2(C_{60})_n$ электродов и уменьшения разрядной емкости с введением в раствор соли лантана добавок фторид-ионов и фуллерена в область более отрицательных значений благодаря электрокаталитическому действию фторид-ионов и фуллерена на процесс внедрения ионов лантана и лития и на емкость MnO_2-электрода по лантану и литию согласуется с результатами сканирующей электронной микроскопии, согласно ранее полученным спектрам характеристического излучения (рис. 4) [10].



а)

Материал электрода	C (%)	Mn (%)	O (%)	La (%)	F (%)
MnO_2	3,44	79,28	17,28	-	-
La_yMnO_2	3,54	75,58	20,38	0,50	-
$Li_xLa_yMnO_2$	2,83	71,29	25,67	0,20	-
$Li_xLa_yMnO_2(C_{60})_n$	9,05	68,14	18,00	4,80	-
$Li_xLa_yMnO_{2-\delta}F_\delta(C_{60})_n$	10,28	69,22	15,51	3,80	1,18

б)

Рис. 1. а) Спектр характеристического излучения материала исходного MnO_2, б) элементный состав: MnO_2, $La_xMn_{1-y}O_2$, $La_yMn_{1-y}O_{2-\delta}F_\delta$, $La_yMn_{1-y}O_2(C_{60})_n$, $La_yMn_{1-y}O_{2-\delta}F_\delta(C_{60})_n$ электродов

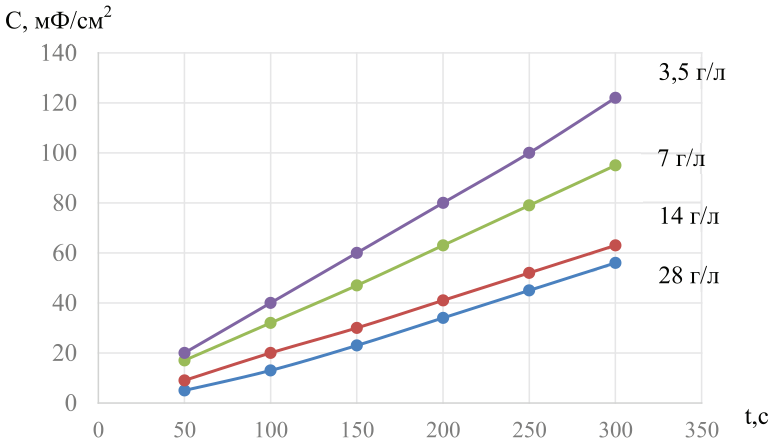


Рис. 2. Зависимость поляризационной ёмкости модифицированной $La_yMn_{1-y}O_2(C_{60})_n$.электрода при разряде в бестоковом режиме от содержания фуллерена в электролите

На гальваностатических кривых разряда (рис. 4) можно видеть три задержки потенциала. Характерно, что во всех случаях наибольшая емкость электрода достигается, когда модифицирование лантаном проводили из раствора салицилата лантана с добавками фторид-ионов и фуллерена. Значения емкости при заряде и разряде разработанных на основе MnO_2 модифицированных электродов приведены в таблице.

Обобщение полученных данных позволяет предложить следующую схему электрохимических превращений на электродах MnO_2, $La_yMn_{1-y}O_2$, $La_yMn_{1-y}O_{2-\sigma}F_\sigma$, $La_yMn_{1-y}O_2(C_{60})_n$, $La_yMn_{1-y}O_{2-\sigma}F_\sigma(C_{60})_n$ в лантан- и литий – содержащих электролитах с добавками фуллерена C_{60} и фторид-ионов:

$$yLa^{3+} + ye^- \rightarrow yLa^{2+}, \quad (1)$$

$$yLa^{2+} + 2ye^- \rightarrow La_y^0(Mn_{1-y}O_2), \quad (2)$$

$$yLa^{2+} + 2ye^- + MnO_2 \rightarrow La_yMn_{1-y}O_2, \quad (3)$$

$$xLi^{2+} + La_yMn_{1-y}O_2 \rightarrow Li_xLa_yMn_{1-y}O_2, \quad (4)$$

$$zLa^{2+} + 2ze^- + C_{60}^{2-} \rightarrow La_zC_{60}, \quad (5)$$

$$\delta F^- + C_{60} \rightarrow C_{60}F_\delta^-, \quad (6)$$

$$La_zC_{60} + \delta F^- + \delta Li^+ \rightarrow Li_\delta La_zC_{60}F_\delta^-. \quad (7)$$

Значения удельной емкости заряда/разряда до – (0,20 ± 0,05) В от номера цикла в гальваностатическом режиме при (ip = 0,05 мА/см^2)

Электрод	Номер цикла, N	Удельная разрядная емкость $Q_р$, мАч/г	Удельная зарядная емкость $Q_з$, мАч/г	Отдача по емкости, %
Li_xMnO_2	1	218,7	240,0	91,1
	5	128,4	240,0	53,5
	10	39,3	240,0	16,4
	100	20,0	240,0	8,3
$Li_xLa_yMn_{1-y}O_{2-\sigma}F_\sigma(C_{60})_n$	1	180,6	240	75,2
	5	141,4	240	58
	10	50,6	240	21,1
	100	40,8	240	16,8

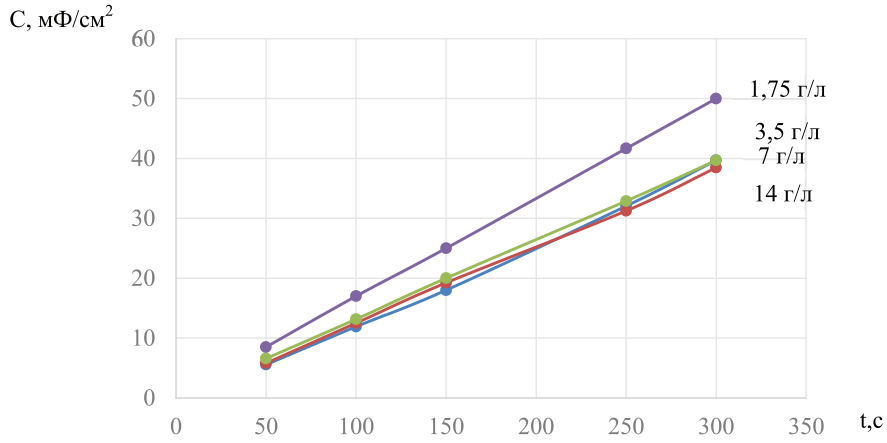


Рис. 3. Зависимость поляризационной ёмкости модифицированного $La_yMn_{1-y}O_{2-\sigma}F_\sigma$ электрода при разряде в бестоковом режиме от концентрации фторид-ионов в электролите

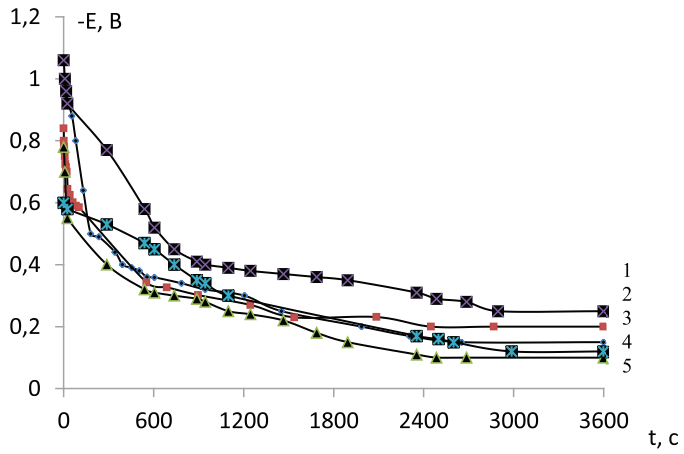


Рис. 4. Гальваностатические кривые разряда модифицированных диоксидномарганцевых электродов в растворе 0,8М LiClO4 в смеси ПК+ДМЭ (плотность тока i = 0,05 мА/см^2): 1 – $Li_xLa_yMn_{1-y}O_{2-\sigma}F_\sigma(C_{60})_n$; 2 – $Li_xLa_yMn_{1-y}O_2(C_{60})_n$; 3 – $Li_xLa_yMn_{1-y}O_{2-\sigma}F_\sigma$; 4 – $Li_xLa_yMn_{1-y}O_2$; 5 – Li_xMnO_2

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов циклирования разработанных электродов в гальваностатическом режиме показал, что после 50 цикла и далее до 100 (таблица) емкостные характеристики электродов перестают меняться, но влияние состава электролита модифицирования сохраняется: емкость возрастает в ряду

$$Li_xMnO_2 < Li_xLa_yMn_{1-y}O_2 < Li_xLa_yMn_{1-y}O_2(C_{60})_n <$$
$$< Li_xLa_yMn_{1-y}O_{2-\delta}F_\delta \leqq Li_xLa_yMn_{1-y}O_{2-\delta}F_\delta(C_{60})_n.$$

В потенциодинамическом режиме (80 мВ/с) плотность тока при смещении потенциала от –1 до –4 В на первом цикле повышается от 2,5 до 18 мА/см^2. На 100 цикле она снижается до 0,5 мА/см^2 при –1 В, а при –4 В составляет ≈ 4 мА/см^2.

Можно сделать вывод, что наибольшая отдача по емкости, наименьшая скорость деградации характерна для исследуемых образцов, модифицированных лантаном в электролите, содержащем соль лантана одновременно с добавками фторида лития и фуллерена. Полученные нами данные по влиянию добавок фуллерена и фторид-ионов в электролит лантанирования при модифицировании MnO_2-электрода лантаном на стадии предобработки позволяет получать материалы с наименьшими ограничениями по диффузии лития, с большой токопроводимостью и наименьшим сопротивлением для последующего процесса интеркалирования-деинтеркалирования ионов лития позволяет говорить об эффективности введения добавки фуллерена в сочетании с фторид-ионами в электролит лантанирования на стадии предобработки как обеспечивающего наиболее высокую сохранность заряда и увеличение длительности циклирования электрода разработанного состава.

Список литературы

1. Попова С.С. Горизонты электрохимических технологий. – Саратов: СГТУ, 2008. – С. 3–6.

2. Скундин А.М. Литий-ионные аккумуляторы: современное состояние, проблемы и перспективы / А.М. Скундин // Электрохимическая энергетика. – 2001. – Т. 1, № 1, 2. – С. 5–15.

3. Попова С.С. Влияние природы редкоземельного металла на кинетику электрохимических процессов на MnO_2 – электродах в апротонных органических растворах / С.С. Попова, Р.К. Францев, Е.С. Гусева // Электрохимическая энергетика. – 2011. – Т. 11, № 2. – С. 108–111.

4. Йи Т.-Ф. Кинетика электрохимической интеркаляции ионов лития для получения катодного материала – шпинели $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ / Т.-Ф. Йи, Ч.Я. Ли, Я.-Р. Жу, Р.-С. Жу, Ж.Шу // Электрохимия. – 2010. – Т. 46, № 2. – С. 236–242.

5. Попова С.С. Электрохимическое интеркалирование лантана и фуллерена из неводных фторидсодержащих растворов – новое перспективное направление повышения емкости LixLayMnO2-электрода / С.С. Попова, Е.С. Гусева, Р.К. Францев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 3 (15). – С. 64–78.

6. Чуриков А.В. Электрохимические свойства шпинелей $Li_xMn_{2-y}Me_yO_4$ (Me = Cr, Co, Ni) как катодных материалов для литий-ионного аккумулятора / А.В. Чуриков, Э.Н. Качибая, В.О. Сычева, И.А. Иванищева, Р.И. Имнадзе, Т.В. Панкидзе, А.В. Иванищев // Электрохимия. – 2009. – Т. 45, № 2. – С. 185–192.

7. Дмитриев И.С. Симметрия в мире молекул. – Л.: «Химия», 1976. – 128 с.

8. Фирсов В.В., Чувашкин А.Н., Карташов А.В., Придатко И.А. Способ изготовления MnO_2-электрода для ХИТ. Пат.2145456 РФ МКИ 7H01M4/08,6/16/Заявка № 3159297/09. Заявлено 31.12.86. Опубл. 10.02.2000 // Изобретение. Полезные модели. – 2000. – № 4. – С. 463.

9. Meng Chen, Shengjun Li, Chuang Yang. Structure and electrochemical properties of La, F dual-dopped LiLa0.01Mn1.99O3.99F0.01 cathode materials // Journal of University of Science and Technology Beijing, Mineral, Metallurgy. – 2008. – V. 15. – I. 4. – P. 468–473.

10. Беспалова Ж.И. Рентгенографические исследования состава титанового анода с электрокаталитическим покрытием на основе оксидов кобальта, марганца и никеля / Ж.И. Беспалова, В.В Иванов, И.В. Смирницкая, Л.Н. Фесенко, Ю.Д. Кудрявцев // Журнал прикладной химии. – 2010. – Т. 83, № 2. – С. 244–248.

УДК 004.056.55

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ШИФРОВАНИЯ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ ДАННЫХ ПРИ ИХ ПОВРЕЖДЕНИИ

Димитриев А.П.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, e-mail: dimitrie1@yandex.ru

В основе исследования разработанная ранее криптографическая система. Разработанный для нее алгоритм шифрования является симметричным блочным на основе аналитических преобразований. Для рассматриваемой системы построена математическая модель на основе полиномиального представления сети Петри. Рассмотрен вопрос о восстановлении поврежденных зашифрованных файлов при использовании данного метода. Предложена модификация метода, направленная на увеличение средней относительной длины восстанавливаемых данных после сбоя на носителе данных. Для ее моделирования построена сеть Петри. Одна из особенностей состоит в том, что распределение блоков должно быть выполнено в самом начале. Предложенная модификация в большинстве случаев позволяет решить проблему известного открытого текста. Произведены усовершенствования используемого метода изменения подстановочной последовательности, предназначенные для более эффективного шифрования.

Ключевые слова: криптографическая система, блочное шифрование, сеть Петри, повреждение данных, уязвимость

MODIFICATION METHOD OF ENCRYPTION FOR REDUCE LOSS OF DATA WHEN THEIR DAMAGE

Dimitriev A.P.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Chuvash State University named after I.N. Ulyanov», Cheboksary, e-mail: dimitrie1@yandex.ru

In the basis of research considered previously developed cryptographic system. Designed for the system, encryption algorithm is a symmetric block based on analytical transformations. For the considered system, developed a mathematical model based on polynomial form of Petri nets. Considered the issue of restoring damaged ciphered files when using this method. Proposed modification of the method aimed at increasing the average relative length of the data being recovered after a failure on a data carrier. For it modeling is built Petri net. One of the features is that the distribution of blocks should be done in the beginning. Proposed modification allows resolve the problem of known open text in most cases. For more effective encryption made improvements to the method used to change the wildcard sequence.

Keywords: cryptographic system, block cipher, Petri net, data corruption, vulnerability

Шифрование компьютерной информации является одним из инструментов борьбы с угрозами информационной безопасности, актуальность которой рассмотрена в [1, с. 109; 2] и тысячах других публикаций в научной литературе: в научных журналах, патентах и др., многие из которых являются опубликованными в последние годы.

В данной работе рассматриваются подходы к усовершенствованию криптографической системы [3, с. 139; 4], построенной на принципах, о некоторых из которых впервые сообщается в [5, с. 44]. Данная система применяет симметричный блочный алгоритм шифрования [6, с. 2] с использованием пароля, основанный на аналитических преобразованиях. В исходной системе выявлена уязвимость, связанная с проблемой известного открытого текста [7, с. 821], а также не обеспечивается восстановление большей части информации при повреждении зашифрованных данных.

Цель работы – модернизация криптографической системы для устранения вышеуказанных замечаний. Задачи: разработать модели шифрования на сетях Петри и провести анализ с помощью вычислительного эксперимента.

Модель системы в первоначальном виде

Модель шифрования предлагается построить на математическом аппарате сетей Петри, с помощью которого моделируются события в дискретных системах. Этот математический аппарат позволяет наглядно представить динамику событий в системе, проводить анализ системы и иногда применяется для моделирования шифрования [8, с. 70; 9, с. 1372; 10, с. 317]. Исходный текст обозначим $\{B\}$, зашифрованный – $\{S\}$. Модель шифрования, применяемая в исходной системе, на основе представления сети Петри в виде полинома [11, с. 57], называемого также алгебраическим представлением [12, с. 299], имеет следующий вид:

$$HB_1 t_1 HS_1 + \sum_{i=2}^{N} HB_i S_{i-1} t_i HS_i S_{i-1},$$

где N – число блоков, которые составляют $\{B\}$; B_i – позиция, в которой содержится метка, представляющая i-й блок $\{B\}$, $i = \overline{1, N}$;

S_i – позиция, предназначенная для получения метки, соответствующей i-му блоку $\{S\}$, $i=\overline{1,N}$;
H – позиция, содержащая метку, моделирующую хэш-функцию от пароля h;
t_i – переход, означающий преобразование информации (операцию по шифрованию содержимого) для i-го блока, $i=\overline{1,N}$.

Начальная маркировка – $B_i(1), i=\overline{1,N}$. По окончанию срабатывания всех переходов $\{S\}$ будет содержаться последовательно в совокупности позиций S_i, $i=\overline{1,N}$.

Модель отчасти условна, практически используются дополнительные преобразования, о которых сообщается в некоторых публикациях по данной конкретной криптосистеме, так как иначе, зная B_1 и S_1, нетрудно определить значение h и в дальнейшем использовать его для подмены сообщений.

Проблемы при использовании исходной системы

В рассмотренной криптографической системе выявлена уязвимость. Для её иллюстрации рассмотрим, какими могут быть $\{B\}$. Часто различные $\{B\}$ начинаются с одних и тех же групп символов, которые обозначим A. Например, сообщением может быть текст письма, начинающийся со слов приветствия, заголовок какого-либо файла и т.п. Тогда, если длина A не менее размера блока, т.е. $l(A) \geq l(B_1)$, то S_1 в различных $\{S\}$ будут одинаковы.

Предположим, при передаче сообщений у злоумышленника имеется возможность чтения S_1 и каким-либо образом он получил B_1 одного из двух сообщений. Это соответствует проблеме известного открытого текста. Тогда, при условии, что S_1 в этих двух сообщениях совпадают, злоумышленнику становится известным B_1 второго сообщения. Кроме того, даже если у злоумышленника не было B_1, он может сравнивать между собой только S_1 разных сообщений и делать вывод об идентичности B_1.

Вторая проблема относится к вопросу о целостности хранимых данных. Возможны случаи повреждения зашифрованных данных. Это характерно для таких ситуаций, как появление сбойных секторов на жестком диске, где хранится зашифрованный файл. У флеш-памяти, как альтернативы, ограничено количество циклов стирания-записи и срок хранения. Файл можно восстановить специальными системными программами, но на месте сбоя он будет искажен. Однако обычный текст содержит много избыточных данных, поэтому иногда можно воспользоваться даже частью полного сообщения для принятия верного решения в той или иной ситуации. Нужная информация может оказаться в неповрежденных участках. Другой пример – передача зашифрованной информации с помощью радиоволн в условиях боевых действий при намеренном частичном искажении передаваемых сигналов противником. На тему борьбы со сбоями при шифровании известны такие исследования, как [13].

Исследуем случай повреждения одного блока, хранящего S_k, $k \rightarrow [1, N]$: $S_k \rightarrow S_k'$. В исходной криптографической системе, так как содержимое блоков $\{S\}$ зависит от содержимого предыдущих блоков, расшифровка $\{S\}$ возможна только до S_k'. Пусть события повреждений различных блоков равновероятны:

$$p(S_k \rightarrow S_k') = 1/N \; \forall k \in [1, N].$$

Тогда, зная пароль, среднестатистически можно расшифровать около половины данных $\{S\}$, расположенных последовательно от его начала. Точнее, в среднем доля расшифровываемых данных по отношению к длине сообщения, обозначаемая R, составляет

$$R = (N-1)/2N.$$

Такая же проблема характерна и для некоторых других систем, используемых для шифрования. Для примера небольшой текст заархивирован в программе 7-*Zip* с паролем без сжатия. Затем с помощью программы *Far Manager* изменены ближе к концу полученного файла всего два бита: вместо символа «1» помещен «2». При извлечении из архива получено сообщение «Ошибка *CRC* для зашифрованного файла», файл распакован, причем ближе к концу содержимое абсолютно искажено. А при изменении символа, находящегося ближе к началу архива, кроме области заголовка, полностью искажается практически все содержимое. Следовательно, при одиночном равновероятном по всей длине повреждении $\{S\}$ в этой программе в среднем становится невозможным расшифровать около ½ файла.

Устранение выявленных проблем

Пусть перед шифрованием $\{B\}$ известно целиком. Для увеличения R данные в $\{B\}$ представим в виде дерева иерархии блоков, распределение по которому должно быть сделано перед шифрованием на основе h, чтобы искажения в блоках не влияли на это распределение. На рис. 1 приведен пример иерархической модели шифрования на основе сети Петри.

Срабатывание любого перехода (кроме T_0) в модели, изображенной на рис. 1, соответствует генерации S_i из B_i, h и информа-

ции, полученной из предыдущего блока (за исключением первых четырех блоков, так как для них предыдущих блоков нет), а также генерации информации для следующих блоков. Срабатывание перехода T_0 моделирует запуск процесса шифрования. После срабатывания всех переходов $\{S\}$ будет содержаться последовательно в совокупности позиций $S_1, \ldots, S_{12}$.

Рассчитаем R при порождении каждым блоком, не являющимся листом дерева, двух блоков и двух уровнях иерархии (рис. 1). Всего $N = 12$: четыре блока первого уровня и восемь – второго. Вероятность $p(S_i \rightarrow S_i') = 1/12 \forall i \in [1, 12]$. При повреждении блока первого уровня теряются данные его самого и последующих двух блоков поддерева, т.е. 3 из 12. Это значит, что отношение размера поврежденной части к длине всех данных $l_1 = 3/12$. Такое возможно четыре раза из 12. Когда повреждается блок второго уровня, искажаются только его данные, т.е. $l_2 = 1/12$. Такое возможно восемь раз из 12. По формуле полной вероятности

$$R = (12 - (4l_1 + 8l_2))/12 = 1 - 20/144 \approx 0{,}86.$$

Это значение существенно выше того, что наблюдается в исходной криптографической системе, что оправдывает использование данного подхода. Число уровней иерархии не ограничивается двумя, что приводит к еще более высоким показателям.

Экспериментальная часть

В среде *Turbo Delphi* разработан прототип компьютерной программы, реализующий модель рис. 1 при $N = 2722$. Каждый блок связан не более чем с одним предком и не более чем с двумя блоками-потомками, которые шифруются с использованием алгоритмов получения хэш-функции [3, с. 139] и скремблирования [4] исходной криптографической системы. Из файла с $\{B\}$ последовательно отбираются фрагменты размером 2722 блока. При этом очередной фрагмент разбивается на четыре бинарных поддерева, содержащих блоки, затем шифруется и дописывается в конец выходного файла. Если размер последнего фрагмента файла меньше, чем 2722 блока, но больше четырех блоков, то он тоже разбивается на четыре поддерева. Поддеревьев четыре для того, чтобы сбой блока в корне дерева не приводил к тотальной потере информации при небольших файлах.

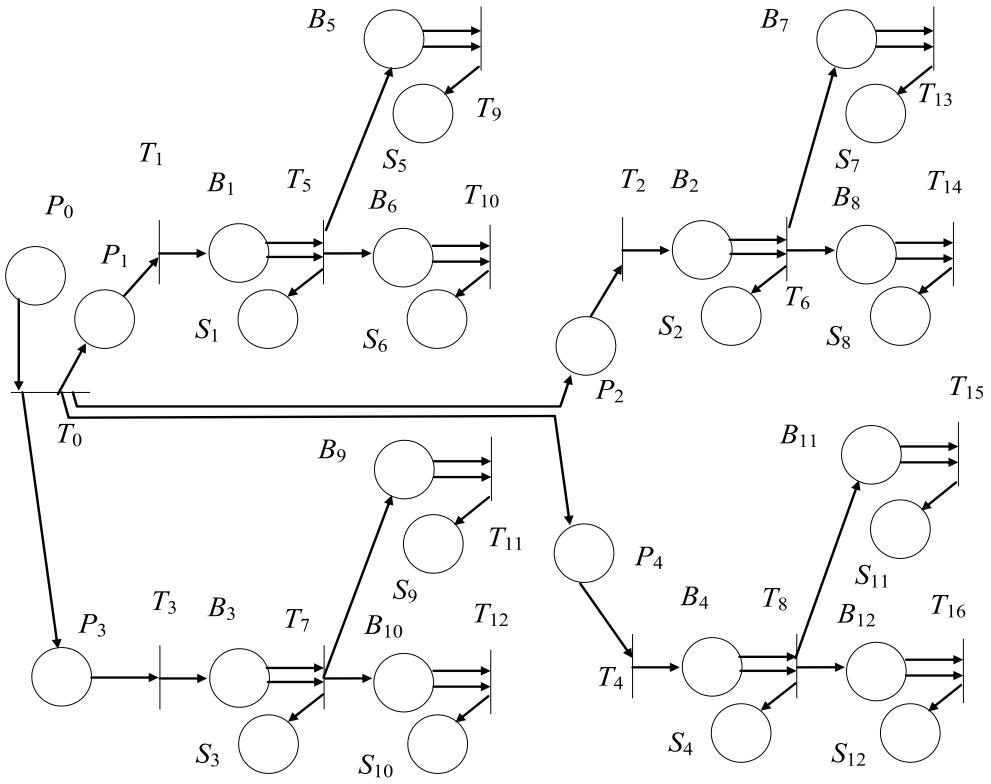


Рис. 1. Иерархическая модель шифрования: B_i – позиции с меткой, представляющей i-й блок {B}, i = 1, ... 12; S_i – позиции для получения метки, соответствующей i-му блоку {S}, i = 1, ... 12; T_i – переходы, i = 0, ... 16; P_i – позиции, моделирующие готовность и начала поддеревьев, i = 0, ... 4

Рис. 2. Исходное изображение

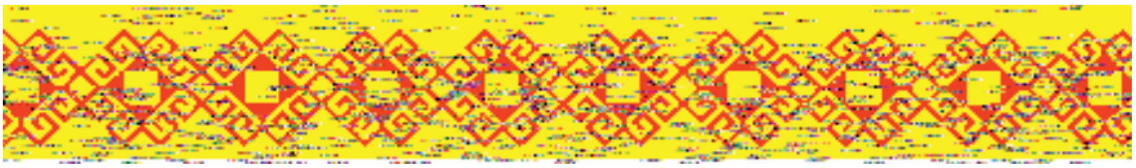


Рис. 3. Изображение после искажения 10 байтов

Программный прототип протестирован на архивных файлах. После расшифровки архиваторы сообщений об ошибках в файле не выдают, а это значит, что ни один бит не искажается, т.е. информация расшифровывается корректно. Выполнено искусственное искажение зашифрованного данной программой файла, чтобы визуально проконтролировать изменения в получаемом после расшифровки файле. С этой целью использовано изображение (рис. 2) формата *BMP* (несжатое) с глубиной цвета 24 бита на пиксель, имеющее размер с заголовком 85594 байт (438×65 пикселей).

На рис. 3 изображен рисунок, полученный из исходного следующим образом:

1) шифрование прототипом программы;

2) псевдослучайное искажение 10 байтов в случайных позициях в зашифрованном файле (кроме первых 50 байт, соответствующих стандартному заголовку *BMP*-файла);

3) расшифровка.

Из рис. 3 видно, что большинство данных остались доступными для визуального восприятия, тогда как, например, применение для шифрования архиватора 7-Zip с паролем приводит к тому, что в среднем при аналогичных искажениях остаются доступными только 10% данных.

Используемая модель позволяет также бороться с проблемой известного открытого текста. Совпадение исходного содержимого первого по расположению блока $\{S\}$ с содержимым первого блока, полученного каким-либо образом злоумышленником, редко приводит к выявлению этого факта, так как первый блок редко является корнем дерева и шифруется с применением значения хэш-функции, получаемого на основе отличающихся в разных сообщениях блоков выше по иерархии.

Если раньше злоумышленник проводил криптографический анализ с начала файла, то теперь это значительно труднее, так как номера первых блоков иерархии вычисляются на основе h от пароля. Может быть сделана попытка поблочного сравнения содержимого блоков $\{S\}$ с тем, что имеет злоумышленник, однако вероятность идентичности содержимого блоков двух разных $\{B\}$ в произвольном месте файла значительно ниже, чем в самом начале, если $\{B\}$ не относится к массовым рассылкам.

Усовершенствование ранее разработанного метода

При визуальном контроле результатов работы исходной криптографической системы установлено, что искажения файла слабо влияли на результат расшифровки. Количество искаженных байтов достигало нескольких сотен на 83-кбайтном изображении, и все они выглядели как отдельные точки. Поэтому алгоритм [4] изменения подстановочной последовательности при реализации иерархической модели шифрования изменен следующим образом.

Во-первых, в каждых восьми последовательных байтах сообщения при шифровании производится транспонирование соответствующей битовой матрицы размером 8×8.

Во-вторых, если ранее у виртуального прямоугольного параллелепипеда размером 4×6×15, на котором размещались 256 кодов символов, для преобразования подстановочной последовательности циклически сдвигались только отдельные его слои, то теперь сдвигается весь остаток параллелепипеда от текущего отсчета координаты до окончания фигуры.

В-третьих, содержимое грани указанного окончания движется по часовой стрелке

так, что при каждом единичном сдвиге слоев коды символов на краях грани тоже сдвигаются на единицу. Коды символов, которые на единицу ближе к центру грани, сдвигаются один раз за два единичных сдвига слоев. На грани размером 6×15 имеются коды символов, которые на две единицы ближе к центру. Они сдвигаются один раз за три единичных сдвига слоев.

В результате указанных исправлений шифрование стало более эффективным, что выражается в появлении значительного количества искажений после расшифровки при внесении даже небольших искажений в зашифрованный файл, как это видно из рис. 3.

Заключение

Таким образом, для модернизации разработанной ранее криптографической системы имеет смысл использовать предлагаемую иерархическую модель шифрования. Она позволяет в большинстве случаев решить проблему известного открытого текста, а также практически всегда восстанавливать большую часть исходной информации после небольших повреждений зашифрованных файлов. Произведенные усовершенствования ранее разработанного метода изменения подстановочной последовательности позволяют добиться более эффективного шифрования.

Список литературы

1. Программный комплекс оценки угроз информационной безопасности информационных систем как эффективное средство формирования профессиональных компетентностей бакалавров по дисциплине «Информационная безопасность» / Ю.Н. Егорова [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 4–1. – С. 109–113.

2. Баженов Р.И. Информационная безопасность и защита информации: практикум / Р.И. Баженов. – Биробиджан: Изд-во ГОУВПО «Дальневосточная государственная социально-гуманитарная академия», 2011. – 140 с.

3. Dimitriev A. Modification of a cryptographic system using the formulation of the travelling salesman problem / A. Dimitriev // Interactive Systems: Problems of Human – Computer Interaction. – Collection of scientific papers. – Ulyanovsk: USTU, 2015. – P. 139–141. URL: http://conf-is.ulstu.ru/sites/default/files/IS_2015_Part_I.pdf (accessed September 27, 2017).

4. Димитриев А.П. Алгоритм шифрования на основе задачи размещения / А.П. Димитриев // Современные тенденции в образовании и науке: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. 28 ноября 2014 г.: в 14 частях. – Часть 2. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. – С. 41–43. URL: http://ucom.ru/doc/conf.2014.11.02.pdf (дата обращения: 27.09.2017).

5. Димитриев А.П. Чувашско-русский переводчик: программная реализация / А.П. Димитриев // Прикладная информатика. – 2011. – № 6 (36). – С. 43–46.

6. Димитриев А.П. Константы для алгоритма шифрования на основе задачи размещения / А.П. Димитриев // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки [Электронный ресурс]. – 2014. – № 6. – 7 с. URL: http://apriori-journal.ru/seria2/6-2014/Dimitriev1.pdf. (дата обращения: 09.02.2017).

7. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2010. – 992 с.

8. Сизоненко А.Б. Использование сетей Петри для моделирования способов распараллеливания алгоритмов защиты информации в системах с массивно-параллельными сопроцессорами / А.Б. Сизоненко, В.В. Меньших // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2014. – № 3. – С. 65–74. URL: http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=vagtu&paperid=331&option_lang=rus (дата обращения: 27.09.2017).

9. Lafta H.A. Message Encrypted Modelling Using Petri Nets // Journal of Babylon University / Pure and Applied Sciences. – 2012. – no. 5, vol. 20. – P. 1367–1378. http://www.iasj.net/iasj?func=fulltext&aId=77263 (accessed February 9, 2017).

10. Using Petri Net for Modeling and Analysis of a Encryption Scheme for Wireless Sensor Networks / H. Rodriguez, R. Carvajal, B. Ontiveros, etc.; edited by P. Pawlewski. InTech: 2010. – 762 p. https://www.intechopen.com/books/petri-nets-applications/using-petri-net-for-modeling-and-analysis-of-a-encryption-scheme-for-wireless-sensor-networks (accessed September 27, 2017).

11. Желтова Л.В. Моделирование систем и дискретные математические модели: Текст лекций / Л.В. Желтова, В.П. Желтов. – Чебоксары: ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 1995. – 124 с.

12. Желтов П.В. Лингвистические сети для представления схем следования аффиксов / П.В. Желтов // Вестник Чувашского университета. – 2006. – № 2. – С. 297–303. URL: https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=532598 (дата обращения: 27.09.2017).

13. Разработка нового принципа построения избыточных модулярных кодов для повышения надежности SPN-криптосистем / И.А. Калмыков [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2016. – 12–3. – С. 496–501.

УДК 519.6:532.546.2

МОДЕЛЬ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПОТОКА СУСПЕНЗИИ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Жеглова Ю.Г., Сафина Г.Л.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, e-mail: uliagermanovna@yandex.ru

Изучение фильтрации суспензии в пористой среде является актуальной проблемой при проектировании и строительстве туннелей, подземных и гидравлических сооружений, систем очистки сточных вод и жидких промышленных отходов. Рассматривается математическая модель переноса и осаждения твердых частиц при фильтрации нестационарного потока монодисперсной суспензии в пористой среде с механико-геометрическим механизмом захвата частиц. Построено точное решение задачи на входе пористой среды. Проводится расчет полного осадка на входе пористой среды. Рассмотрены различные распределения концентрации взвешенных частиц на входе пористой среды для линейного блокирующего коэффициента фильтрации. Показано, что предельное значение полного осадка не зависит от формы распределения концентрации взвешенных частиц на входе фильтра. Величина предельного суммарного осадка определяется объемом взвешенных частиц, впрыскиваемых в пористую среду. Этот максимум достигается за конечное время для конечного распределения времени.

Ключевые слова: фильтрация, суспензия, пористая среда, математическая модель, численное решение

MODEL OF THE NONSTATIONARY FLOW OF SUSPENSION IN A POROUS MEDIUM

Zheglova Yu.G., Safina G.L.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: uliagermanovna@yandex.ru

Filtration of a suspension in a porous medium is an actual problem in the design and construction of tunnels, underground and hydraulic structures and wastewater and water cleaning systems. A mathematical model of the transport and retention of solid particles in a homogeneous porous medium is considered. It is assumed that the flow of a monodisperse suspension is non-stationary and that the particles are retained by the size-exclusion mechanism of particles capture. An exact solution of the problem at the inlet of the porous medium is constructed. The calculation of the total deposit at the inlet of the porous medium is carried out. For a linear blocking filtration coefficient various time distributions of the concentration of suspended particles at the inlet are considered. It is shown that the maximum of total deposit does not depend on the shape of the time distribution of the suspended particles concentration at the filter inlet. The value of the maximum total deposit is determined by the volume of suspended particles injected into the porous medium. This maximum is reached in a finite time for a finite time distribution.

Keywords: filtration, suspension, porous medium, mathematical model, numerical solution

Изучение движения мельчайших твердых частиц в пористом грунте является актуальной задачей при проектировании и строительстве туннелей и гидротехнических сооружений. При фильтрации суспензии часть частиц проходит через пористую среду вместе с потоком несущей жидкости, а часть застревает в порах фильтра. Долговременная глубинная фильтрация, сопровождающаяся образованием осадка во всей пористой среде, а не только в ее поверхностном слое, существенно влияет на свойства горных пород и почвенных слоев [1]. В разнообразных технических и биологических системах очистки поверхностных и сточных вод и жидких промышленных отходов происходит захват частиц при движении суспензии через фильтрующую среду [2].

В работе рассматривается математическая модель движения частиц в фильтре, основанная на механико-геометрическом взаимодействии частиц с пористой средой [3]. Предполагается, что частицы свободно проходят через поры большого размера и застревают на входе пор, если диаметр частицы больше диаметра поры. Осажденная частица не может быть выбита из поры потоком жидкости или другой частицей, и навсегда остается в поре. С ростом осадка количество свободных малых пор сокращается и скорость образования осадка замедляется. Если все поры малого размера заблокированы частицами, концентрация осадка S достигает максимально возможного предельного значения S_M. Коэффициент пропорциональности $\Lambda(S)$ между скоростью роста осадка и концентрацией взвешенных частиц, обращающийся в ноль при блокировании всех малых пор $S = S_M$, называется блокирующим коэффициентом фильтрации.

Для различных моделей фильтрации стационарного потока суспензии в пори-

стой среде получены точные и асимптотические решения [4–9]. При отсутствии аналитических решений используются численные расчеты [10–13].

Стандартные модели фильтрации суспензии в пористой среде предполагают, что на вход фильтра подается суспензия с взвешенными частицами постоянной концентрации. В работе рассматривается фильтрация нестационарного потока суспензии. Приводится решение одномерной задачи фильтрации монодисперсной суспензии в пористой среде. Производится расчет полного осадка в пористой среде в случае линейного блокирующего коэффициента фильтрации для различных распределений концентрации взвешенных частиц на входе фильтра.

Постановка задачи

Рассмотрим основные уравнения, описывающие динамику взвешенных и осажденных частиц суспензии в фильтре длиной 1. Обозначим через $C(x,t)$ концентрацию взвешенных частиц, пусть $S(x, t)$ – концентрация осажденных частиц. Концентрации частиц удовлетворяют уравнению непрерывности, которое с учетом неподвижности осадка в простейшем случае имеет вид

$$\frac{\partial C}{\partial t}+\frac{\partial C}{\partial x}+\frac{\partial S}{\partial t}=0. \qquad (1)$$

Рост осадка пропорционален концентрации взвешенных частиц, из которых он образуется, а также зависит от текущей величины осадка $S(x, t)$: чем больше пор малого диаметра закрыто частицами, тем меньше скорость роста осадка

$$\frac{\partial S}{\partial t}=\Lambda(S)C. \qquad (2)$$

Здесь $\Lambda(S) > 0$ при $S \geq 0$.

Система уравнений (1), (2) рассматривается в области $\Omega=\{0<x<1,\ t>0\}$. Краевые условия для системы (1), (2) ставятся на входе фильтра $x = 0$ и в начальный момент времени $t = 0$:

$$C(x,t)\big|_{x=0}=p(t); \qquad (3)$$

$$C(x,t)\big|_{t=0}=0;\ S(x,t)\big|_{t=0}=0. \qquad (4)$$

Условия (4) означают, что в начальный момент пористая среда не содержит взвешенных и осажденных частиц. Суспензия переменной концентрации начинает поступать на вход фильтра в момент $t = 0$ и движется в пористой среде со скоростью $v = 1$. Характеристика $t = x$ – фронт концентраций взвешенных и осажденных частиц является подвижной границей суспензии. В области пустой пористой среды $\Omega_0=\{0<x<1,\ 0<t<x\}$ решение нулевое; в области суспензии $\Omega_S=\{0<x<1,\ t>x\}$ решение положительно.

Решение на входе фильтра

Уравнение (2) на входе фильтра $x = 0$ имеет вид

$$\frac{\partial S}{\partial t}=\Lambda(S)p(t). \qquad (5)$$

Делим обе части уравнения (5) на $\Lambda(S)$ и интегрируем по переменной t:

$$\int_0^t\frac{\partial S/\partial t}{\Lambda(S)}dt=P(t),\ \ P(t)=\int_0^t p(t)dt. \qquad (6)$$

Используя условие (4), преобразуем интеграл в левой части (6):

$$\int_0^{S(0,t)}\frac{dS}{\Lambda(S)}=P(t). \qquad (7)$$

Формула (7) задает концентрацию осажденных частиц на входе фильтра.

Рассмотрим модель с линейным блокирующим коэффициентом фильтрации:

$$\Lambda(S)=\lambda(S_M-S),\ S_M>0. \qquad (8)$$

В этом случае согласно (7) концентрация осадка на входе фильтра

$$S(0,t)=S_M\left(1-e^{-\lambda P(t)}\right). \qquad (9)$$

Согласно [3, 4] для коэффициента фильтрации (8) концентрация осажденных частиц в области Ω_S равна

$$S(x,t)=\frac{S_M\left(e^{\lambda P(t-x)}-1\right)}{e^{\lambda S_M x}+e^{\lambda P(t-x)}-1}. \qquad (10)$$

Расчет полного осадка

Объем осажденных частиц (полный осадок) в пористой среде в момент времени t равен

$$S^f(t)=\int_0^1 S(x,t)dx. \qquad (11)$$

Если суспензия впрыскивается в пористую среду в течение конечного промежутка времени $t_1 \leq t \leq t_2$, то $S^f(t) = 0$ при $t \leq t_1$. Поскольку частицы проходят от входа до выхода пористой среды за время $t_0 > 1$, то $S^f(t)$ возрастает при $t_1 < t < t_2 + 1$ и $S^f(t) = S^f(t_2 + 1) = \text{const}$ при $t > t_2 + 1$. Если впрыск суспензии происходит при всех значениях времени $t > 0$, то функция $S^f(t)$ возрастает при $t > 0$.

Численный расчет выполнен для линейного коэффициента фильтрации (8) при $\lambda=1,\ S_M=1$ для трех распределений $p_i(t)$ концентрации взвешенных частиц на входе фильтра, заданных на рис. 1.

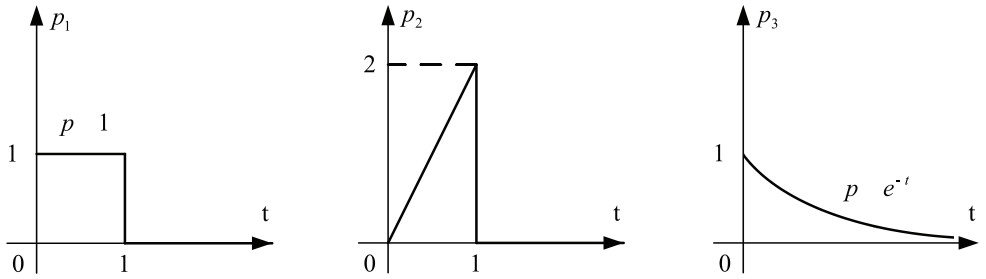


Рис. 1. Концентрации взвешенных частиц на входе фильтра

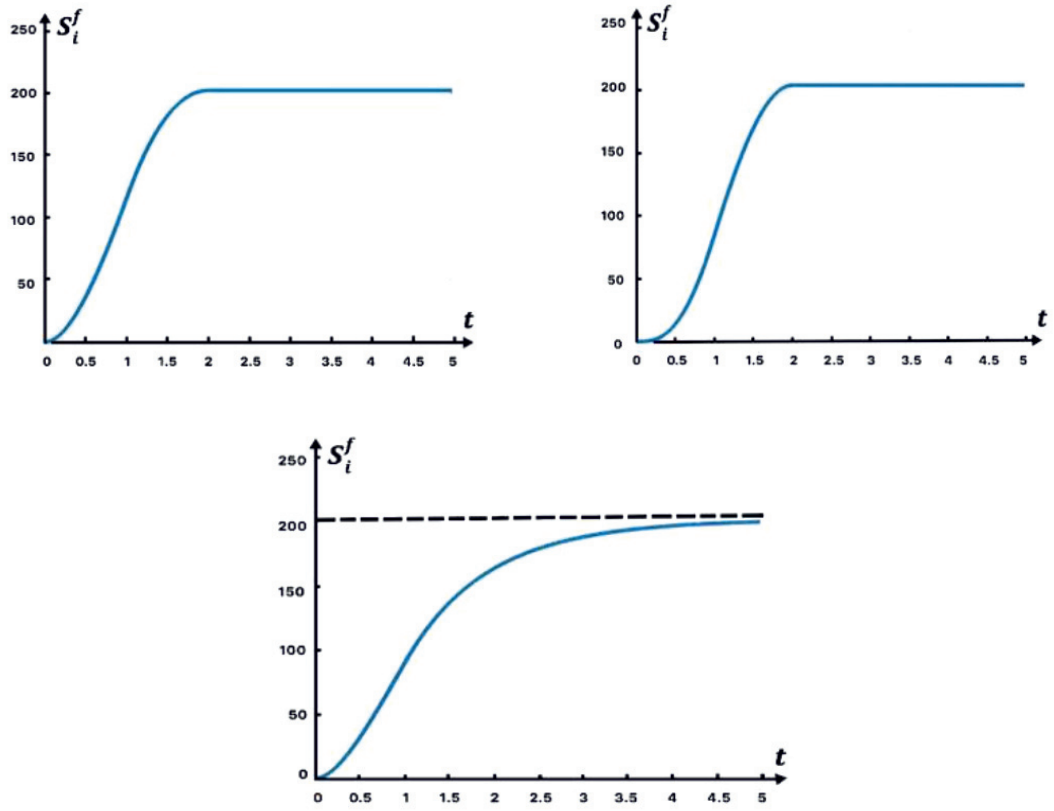


Рис. 2. Полный осадок в пористой среде для трех граничных распределений

На рис. 2 изображены графики полного осадка $S_i^f(t), i=1,2,3$.

Общее количество взвешенных частиц, впрыскиваемых в пористую среду, является одинаковым для всех трех рассматриваемых распределений $p_i(t)$, поскольку $\int_0^\infty p_i(t)dt=1,\ i=1,2,3$ (рис. 1). Для финитных распределений концентрации взвешенных частиц $p_1(t)$, $p_2(t)$ на входе фильтра полный осадок достигает максимального значения при $t=2$; для распределения $p_3(t)$ процесс фильтрации длится неограниченно, полный осадок возрастает и стремится к предельному максимальному значению при $t\to\infty$ (рис. 2).

Заключение

В работе рассматривается одномерная математическая модель фильтрации суспензии в однородной пористой среде для переменной концентрации взвешенных частиц на входе фильтра. В случае линейного блокирующего коэффициента фильтрации для решения имеются явные аналитические формулы, обобщающие известное решение для потока суспензии постоянной концентрации. Указанные формулы используются

для численного нахождения полного осадка в пористой среде.

Форма распределения концентрации взвешенных частиц на входе фильтра $p_i(t)$ определяет вид графика $S_i^f(t)$. Поскольку $P_1(t) > P_2(t)$ при $0 < t < 1$, то на этом интервале график $S_1^f(t)$ выше графика $S_2^f(t)$.

Согласно рис. 2 предельный полный осадок не зависит от формы распределения концентрации взвешенных частиц на входе фильтра. Величина предельного полного осадка определяется объемом взвешенных частиц, впрыскиваемых в пористую среду.

Найденное точное решение позволит упростить нахождение параметров процесса фильтрации в лабораторных и полевых условиях.

Список литературы

1. C. Tien. Principles of filtration. – Elsevier, Oxford, 2012.

2. D.J. Logan. Transport Modelling in Hydrogeochemical Systems. – Springer, N.Y., 2001.

3. Bedrikovetsky P. Upscaling of Stochastic Micro Model for Suspension Transport in Porous Media // Transport in Porous Media. – 2008. – vol. 75. – P. 335–369.

4. You Z., Bedrikovetsky P., Kuzmina L. Exact Solution for Long-Term Size Exclusion Suspension-Colloidal Transport in Porous Media // Abstract and Applied Analysis. – 2013. – vol. 2013, iss. Mathematical and Computational Analyses of Flow and Transport Phenomena, 9 p.

5. You Z., Osipov Y., Bedrikovetsky P., Kuzmina L. Asymptotic model for deep bed filtration // Chemical Engineering Journal. – 2014. – vol. 258. – P. 374–385.

6. Osipov Yu., Kuzmina L. Calculation of the filtration of polydisperse suspension with a small rate // Matec Web of Conferences. – 2017. – vol. 117, 00131. – 6 p.

7. Kuzmina L.I., Osipov Yu.V. Asymptotic solution for deep bed filtration with small deposit // Procedia Engineering. – 2015. – vol. 111. – P. 491–494.

8. Kuzmina L., Osipov Yu. Filtration model of the unsteady suspension flow in a porous medium // Matec Web of Conferences. – 2017. – vol. 117, 00097. – 6 p.

9. Kuzmina L.I., Osipov Yu.V., Galaguz Yu.P. A model of two-velocity particles transport in a porous medium // International Journal of Non-linear Mechanics. – 2017. – vol. 93. – P. 1–6.

10. Galaguz Y.P., Safina G.L. Modeling of Particle Filtration in a Porous Medium with Changing Flow Direction // Procedia Engineering. – 2016. – vol. 153. – P. 157–161.

11. Galaguz Y.P., Safina G.L. Modeling of fine migration in a porous medium // MATEC Web of Conferences. – 2016. – vol. 86, 03003. – 6 p.

12. Galaguz Y., Safina G. Calculation of the filtration in a heterogeneous porous medium // Matec Web of Conferences. – 2017. – vol. 117, 00052. – 6 p.

13. Galaguz Y., Safina G. Modeling of filtration of 2-types particles suspension in a porous medium // Matec Web of Conferences. – 2017. – vol. 117, 00053. – 6 p.

УДК 691.168

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА ХРАНЕНИЯ ИСХОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

[1,2]Исмаилов А.М.

[1]Политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург,
e-mail: ismailov-aleksei@mail.ru;
[2]ООО «BauBerg», Санкт-Петербург

В статье рассматриваются условия и способы организации хранения минеральных материалов и асфальтобетонного гранулята при производстве асфальтобетонных смесей для строительства гидротехнических сооружений и автомобильных дорог. Рассмотрены основные факторы качества и схема технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей в автоматизированной смесительной установке. Приведены технологические решения по обеспечению требуемого качества хранения исходных компонентов для производства асфальтобетонных смесей. Проанализированы способы штабелированного хранения минеральных материалов в целях предотвращения процессов их сегрегации. Дана характеристика способов штабелирования минеральных материалов с обоснованием методов их выгрузки и непосредственного формирования штабелей с применением бульдозера, фронтального погрузчика, бульдозера и стационарного транспортера. Обосновано, что наиболее эффективным технологическим решением по обеспечению требуемого качества хранения минеральных материалов и асфальтобетонного гранулята является штабелирование с применением поворотных и телескопических автоматизированных транспортеров.

Ключевые слова: технологические процессы, технологические решения, асфальтобетонная смесь, асфальтобетонный гранулят, сегрегация, гидротехнические сооружения, автомобильные дороги, контроль качества

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR PROVIDING THE REQUIRED QUALITY OF STORAGE OF INITIAL COMPONENTS FOR PRODUCTION OF ASPHALT-CONCRETE MIXTURES

[1,2]Ismailov A.M.

[1]Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg,
e-mail: ismailov-aleksei@mail.ru;
[2]OOO «BauBerg», Saint-Petersburg

The article considers the conditions and ways of organizing the storage of mineral materials and asphalt concrete granules in the production of asphalt concrete mixtures for the construction of hydraulic structures and highways. The main quality factors and the scheme of the technological process for the preparation of asphalt-concrete mixtures in an automated mixing plant are considered. Technological solutions for providing the required quality of storage of the initial components for the production of asphalt-concrete mixtures are presented. The methods of stacked storage of mineral materials have been analyzed to prevent segregation processes. The characteristic of ways of stacking of mineral materials with a substantiation of methods of their unloading and direct formation of stacks with application of the bulldozer, the front loader, the bulldozer and a stationary conveyor is given. It is substantiated that the most effective technological solution for ensuring the required quality of storage of mineral materials and asphalt-concrete granulate is stacking with the use of rotary and telescopic automated conveyors.

Keywords: technological processes, technological solutions, asphalt-concrete mixture, asphalt-concrete granulate, segregation, hydraulic structures, roads, quality control

Гидротехнические сооружения, в особенности плотины крупных водохранилищ, которые помимо основных функций используются в качестве автомобильных дорог, являются неотъемлемой частью транспортной системы страны. Эффективная и безопасная работа таких объектов влияет на экономическое развитие, обороноспособность и национальную безопасность, а также благосостояние общества. Неудовлетворительное состояние плотин водохранилищ, шлюзов, каналов и транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог, проложенных по плотинам, снижает экономическую эффективность хозяйствующих субъектов и усиливает разобщенность российских регионов, подрывает единое экономическое пространство России. Так, например, плотина Нижегородской гидроэлектростанции на реке Волге у города Заволжье в Городецком районе Нижегородской области, общей длиной 18,6 км является важным инфраструктурным объектом комплексного назначения, решающим, помимо выработки электроэнергии, задачи водного и автомобильного транспорта, водоснабжения, рекреации. Поэтому решение ОАО «РусГидро», владельца Нижегородской ГЭС, о ремонте и реконструкции автодорожного моста, который пролегает

по плотине и соединяет города Заволжье и Городец, находящиеся по обе стороны реки Волги, вызвало серьезные проблемы в транспортном обеспечении жизнедеятельности Городецкого и прилегающих к нему районов Нижегородской области. Затрудненное движение на плотине сказалось на развитии экономики региона, значительно пострадали сельхозпредприятия и предприятия пищевой промышленности. В связи со снижением транспортной доступности возник отток работников с организаций и предприятий, снизились объемы автомобильных грузовых и пассажирских перевозок.

Состояние плотин водохранилищ с размещенными на них объектами дорожной инфраструктуры требует коренного улучшения качества проектирования, строительства, реконструкции, ремонта и содержания объектов гидротехники и автомобильных дорог. Во многом критическое состояние этих сооружений, их низкая долговечность, преждевременные разрушения и отказы объясняются недооценкой роли показателей качества и физико-механических свойств применяемых материалов, нарушениями и недостаточной разработанностью технологий их производства и хранения, несовершенством технологического оборудования, а также научно-методической базы учета рисков при проектировании и строительстве [1].

При строительстве, ремонте и реконструкции гидротехнических сооружений и объектов дорожной инфраструктуры широко применяются асфальтобетонные смеси. Качество укладываемых асфальтобетонных смесей (АБС) зависит от многих факторов (рис. 1). Прежде всего, к ним следует отнести качество исходных материалов для приготовления, технологии производства и хранения готовой продукции, способов транспортирования к месту укладки, а также уровень технической оснащенности и организации работы дорожно-строительных организаций [2]. Иными словами, качество асфальтобетонов многоаспектно и зависит, как и качество любой другой продукции, от выполнения требований к его обеспечению на всех этапах жизненного цикла (рис. 2).

Наиболее ответственным этапом процесса управления качеством асфальтобетонных смесей является обеспечение качества исходных инертных материалов (щебень, гравий и отсевы дробления) и организации их хранения. В действующих документах технического регулирования производства асфальтобетонных смесей [3–5] не регламентируются вопросы обеспечения надлежащего качества компонентов для приготовления асфальтобетонов. Анализ технологии производства асфальтобетонных смесей на асфальтобетонных заводах Санкт-Петербурга выявил, что решению задачи, заключающейся в обеспечении требуемого качества хранения инертных материалов, не уделяется соответствующего внимания. Существующие методические рекомендации по снижению фракционной сегрегации асфальтобетонных смесей устанавливают методику определения фракционной сегрегации уже приготовленного асфальтобетона [6–8]. Только на АО АБЗ «Магистраль» разработан технологический регламент ТР 03218337.001-2012 на технологические процессы приемки и складирования инертных каменных материалов. Документ регламентирует порядок приёмки каменных инертных материалов и их складирования, а также организацию контроля качества на всех этапах производственного цикла. Однако отсутствие научного анализа причин и последствий влияния условий хранения ингредиентов АБС на качество асфальтобетонов не позволило авторам документа в должной мере стандартизировать обращение с исходными компонентами [9]. Следует отметить, что процесс сегрегации зернистого материала (расслоение, стратификация, фракционирование) при механическом воздействии до сих пор не имеет удовлетворительного теоретического объяснения [10–12]. Поэтому предусмотренные в техническом регламенте нормы не отличаются однозначностью и не учитывают последствий расслоения инертных материалов в зависимости от массогабаритных характеристик и гранулометрического состава, а также способов их складирования. Анализ условий хранения инертных материалов и приготовления асфальтобетонных смесей на АБЗ предприятий Санкт-Петербурга и Ленинградской области позволил выявить основные направления повышения качества этих процессов и предложить некоторые технологические решения.

Прежде всего, к основным направлениям повышения качества хранения фракционированного щебня, гравия, отсевов дробления и производства асфальтобетонных смесей следует отнести разработку технологических решений по предотвращению сегрегации минеральных материалов. Гравитационное разделение и местное изменение гранулометрического состава минеральных материалов возникает в результате отдельных перемещений частиц крупной и мелкой фракций в процессе хранения и транспортирования исходных компонентов АБС. При их хранении эту проблему

можно свести к минимуму путем создания штабелей, которые формируются не навалом в конус, а устройством последовательных слоев в штабеле. Создание слоистой системы хранения инертных материалов предотвращает ссыпание с вершины штабеля больших объемов крупных частиц и расслоение зернистой среды. Это обеспечивает равномерное распределение частиц разного гранулометрического состава по всему объему штабеля. Создание складов штабелированного хранения минеральных материалов возможно несколькими способами:

– устройство штабеля самосвалами и фронтальным погрузчиком;

– устройство штабеля самосвалами и бульдозером;

– устройство штабеля бульдозером и стационарным транспортером;

– устройство штабеля специализированными транспортерами (поворотные, телескопические и переменной высоты).

Рис. 1. Основные факторы качества асфальтобетонных смесей

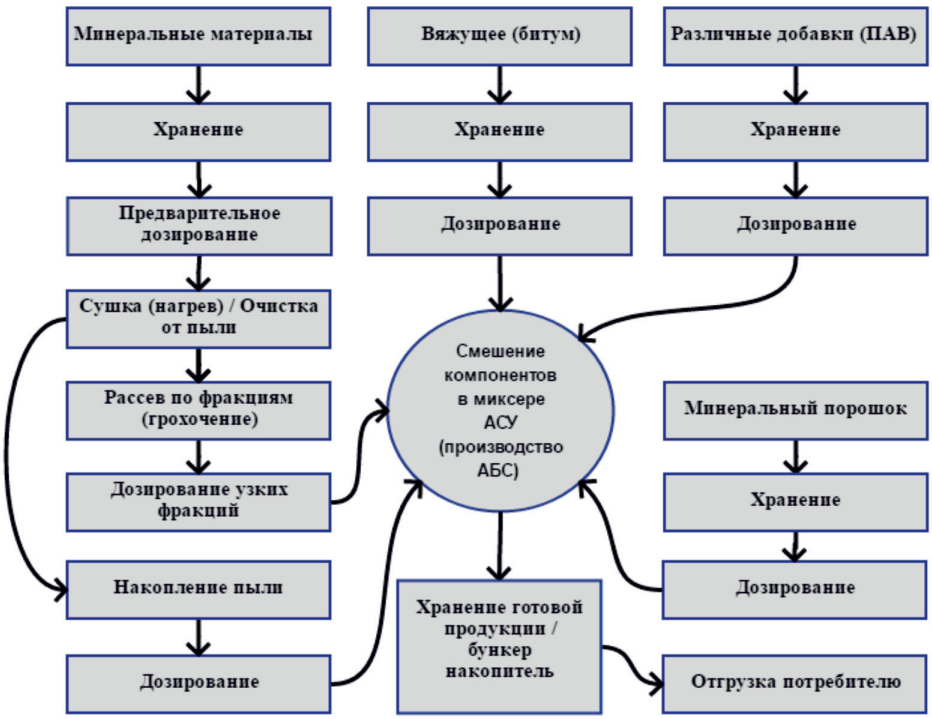
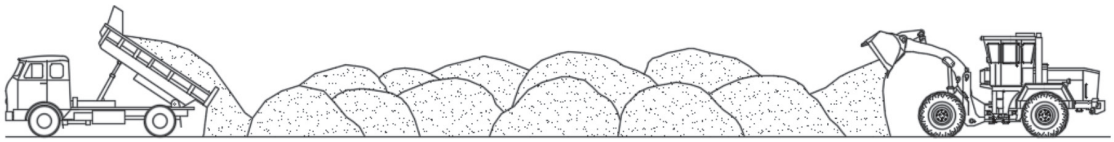
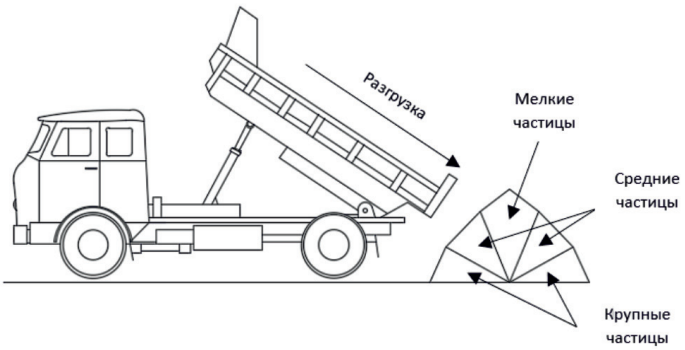


Рис. 2. Принципиальная схема технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей на АСУ



а) Выгрузка и формирование штабеля



б) Схема возможного расслоения

в) Схема работы фронтального погрузчика исходных компонентов

Рис. 3. Принципиальная схема технологического процесса формирования штабеля минеральных материалов самосвалами и фронтальным погрузчиком

Практика показывает, что при формировании штабеля автосамосвалами (рис. 3) необходимо минимизировать расстояния между отдельными кучами. При разгрузке минерального материала автосамосвалами возникает его расслоение (рис. 3, а). Фронтальный погрузчик должен перемешать материал для уменьшения расслоения, врезаясь в штабель и располагая ковш на небольшом расстоянии от основания (рис. 3, б), и затем, поднимая ковш до полной высоты стрелы, высыпать материал, чтобы устранить сегрегацию материала при формировании слоя штабеля. При этом необходимо устраивать небольшой уклон (10–12°) для возможности завоза материала в следующий слой штабеля.

Еще в большей степени препятствует сегрегации устройство многослойного штабеля (рис. 4) за счет увеличения силы сегрегационного сопротивления от относительного расстояния между частицами при их стесненном падении. Этот вариант штабеля эффективнее формировать с помощью бульдозера. Если минеральный материал доставляется к штабелю автосамосвалами, то бульдозер должен подтолкнуть материал по наклонным слоям. При формировании штабелей с помощью транспортеров бульдозер должен продвинуть материал в горизонтальном направлении (рис. 5). В любом случае необходимо обеспечить, чтобы бульдозер не подъезжал к краю конуса ближе, чем на 2–3 метра. Несоблюдение этого правила приводит к гравитационному ссыпанию материалов, что является одной из основных причин сегрегации.

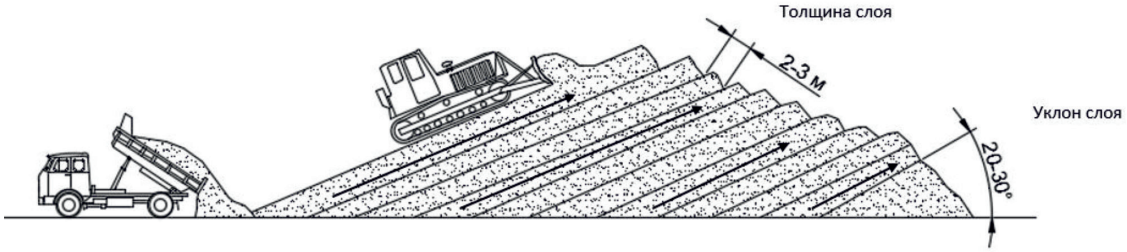


Рис. 4. Принципиальная схема технологического процесса формирования штабеля минеральных материалов самосвалами и бульдозером

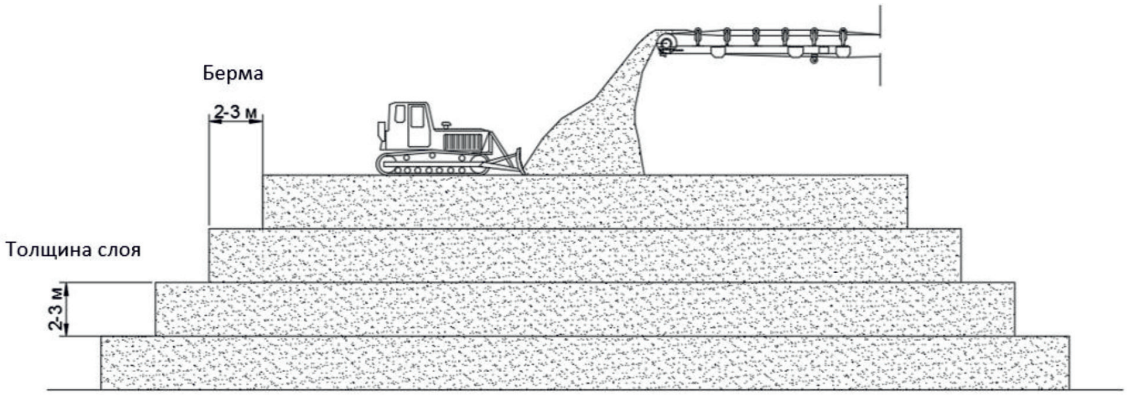


Рис. 5. Принципиальная схема технологического процесса формирования штабеля минеральных материалов бульдозером и стационарным транспортером

Основными недостатками формирования штабелей минеральных материалов бульдозером являются: дробление материала под воздействием гусениц и, как следствие, изменение гранулометрического состава; загрязнение материала вследствие движения по нему.

Чтобы исключить негативное влияние применения бульдозеров при формировании штабелей минеральных материалов целесообразно использовать технологические решения, основанные на применении телескопических радиальных транспортеров переменной высоты разгрузки.

При обеспечении качества процессов хранения минеральных материалов следует учитывать, что существует прямая зависимость между высотой свободного падения минерального материала с транспортера и степенью сегрегации**.** В свою очередь степень сегрегации зависит от высоты падения инертного материала (величины силы разлета, $F_{разлета}$). В таблице приведены данные экспериментальных исследований зависимости силы разлета для частиц разного размера и массы от высоты падения. Как видно из таблицы, на частицы одной и той же фракции при разной высоте падения действует разная сила, значение которой влияет на расслоение материала в штабеле. На рис. 6 проиллюстрирована зависимость величины силы разлета от высоты падения в форме графика. Из таблицы и графика следует, что сила разлета, действующая на частицы инертного материала одной и той же массы в момент падения, зависит от высоты и может быть рассчитана по зависимости

$$F = \frac{m \times \sqrt{2 \times g \times h}}{t},$$

где F – сила разлета, Н; m – масса частицы, кг, g – ускорение, придаваемое телу силой тяжести, м/с^2; h – высота падения частицы, м; t – время падения, с.

Поэтому наиболее предпочтительно использовать телескопические транспортеры переменной высоты. Применение таких транспортёров для устройства штабелей является эффективным способом предотвращения сегрегации материала.

Данные экспериментальных исследований по определению силы разлета инертных материалов в зависимости от высоты падения

п/п	Высота падения, м	Частицы	Содержание, %	Средняя масса, г	F разлета, Н
Группа 1	5	Крупные	7,5	6,12	60,6
Группа 1		Средние	80,0	4,53	14,3
Группа 1		Мелкие	12,5	2,30	7,3
Группа 2	4	Крупные	7,5	6,12	54,2
Группа 2		Средние	80,0	4,53	12,8
Группа 2		Мелкие	12,5	2,30	6,5
Группа 3	3	Крупные	7,5	6,12	46,9
Группа 3		Средние	80,0	4,53	11,1
Группа 3		Мелкие	12,5	2,30	5,6
Группа 4	2	Крупные	7,5	6,12	38,3
Группа 4		Средние	80,0	4,53	9,1
Группа 4		Мелкие	12,5	2,30	4,6
Группа 5	1	Крупные	7,5	6,12	27,1
Группа 5		Средние	80,0	4,53	6,4
Группа 5		Мелкие	12,5	2,30	3,3

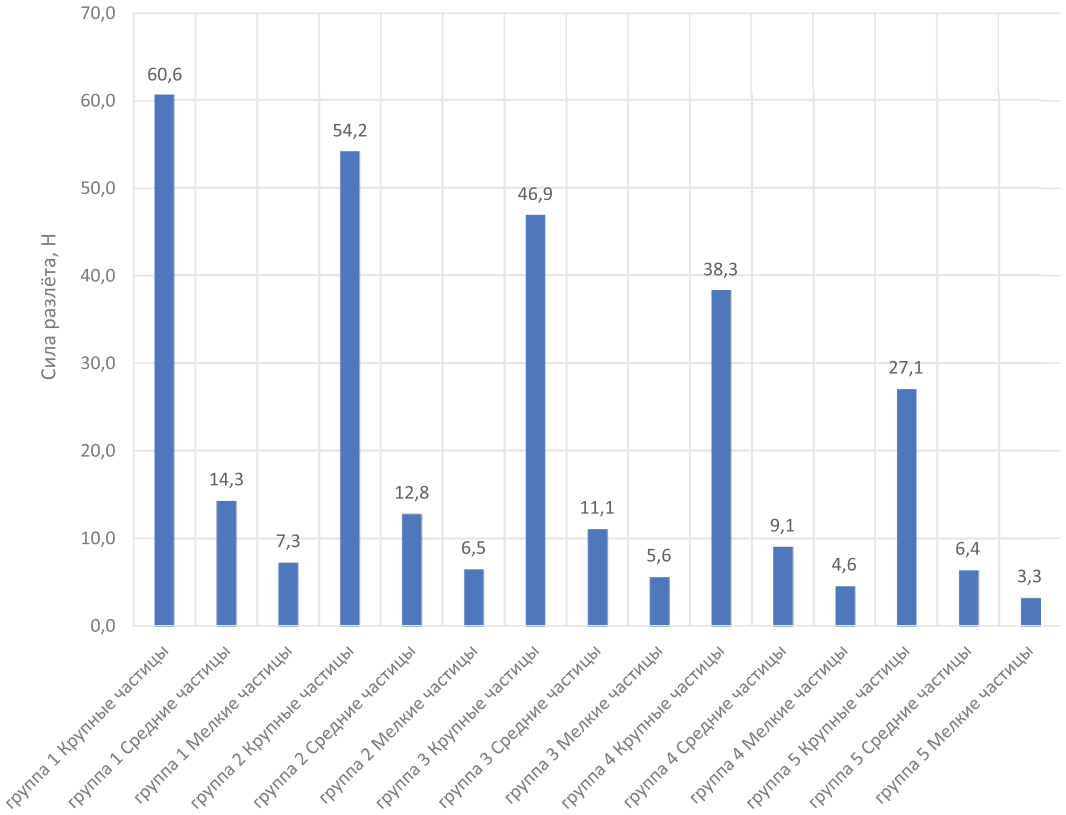


Рис. 6. Диаграмма зависимости силы разлета разногабаритных частиц инертного материала от высоты падения

На начальных этапах формирования штабеля транспортер находится в самом нижнем положении, обеспечивая минимальную высоту падения, по мере увеличения объема штабеля высота падения минерального материала остается постоянной (рис. 7). Наряду с этим, данный способ обладает всеми другими положительными качествами поворотных транспортеров (радиальных).

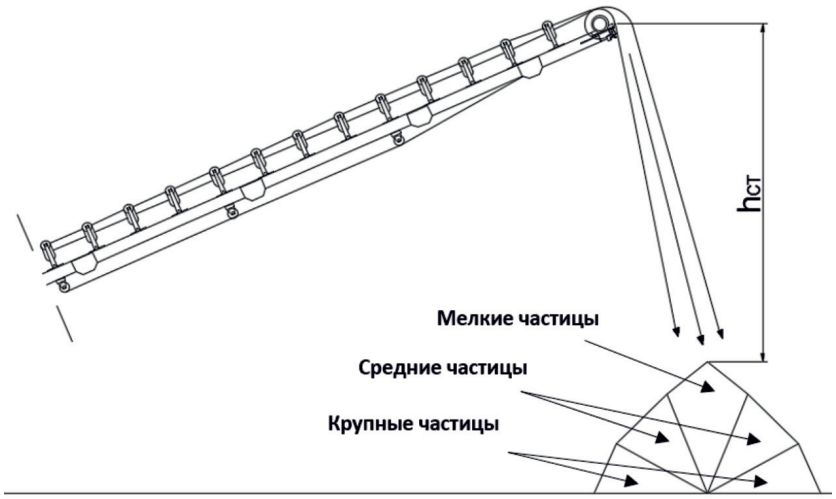


Рис. 7. Принципиальная схема расслоения минерального материала в штабеле с применением транспортера

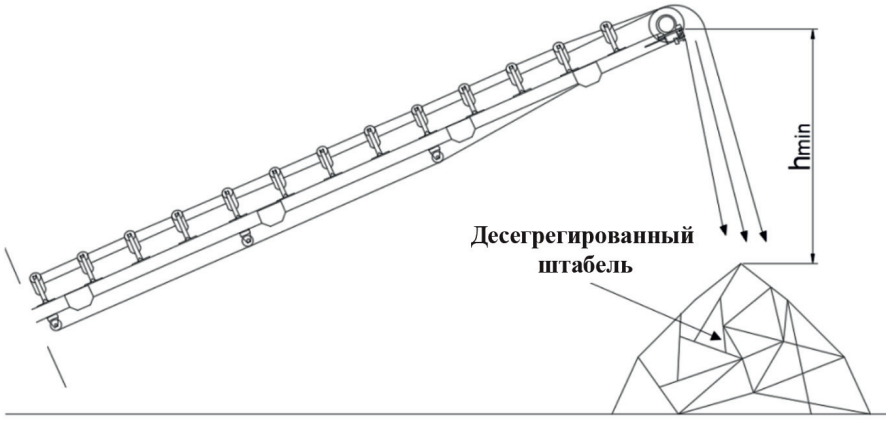


Рис. 8. Принципиальная схема десегрегированного штабеля, устроенного телескопическим транспортером вследствие снижения высоты падения материала

Используя телескопический транспортер, можно формировать многослойные «правильные» штабели. Чтобы исключить ссыпание минеральных материалов в многослойном штабеле и исключить сегрегацию, для каждого вышележащего слоя должна быть уменьшена его площадь относительно нижележащего (рис. 9).

Процесс складирования минеральных материалов изменяется при формировании второго слоя штабеля. Посредством перемены вылета телескопической части транспортера и размещением ссыпных лотков на радиус конусного штабеля обеспечивается штабелирование, исключающее сегрегацию. Это достигается изменением геометрии вылета телескопической части транспортера на одинаковое расстояние по оси расположения ссыпных лотков, как правило, на «радиус» конусного штабеля. Такой подход к формированию штабеля предотвращает ссыпание крупных частиц книзу и расслоение материала по откосу формирующегося штабеля.

При создании третьего слоя расстояния до ссыпных лотков снова корректируются на величину радиуса подошвы конуса. Это предотвращает пересыпания материала по откосу второго слоя штабеля и скатывание крупных частиц вниз по передней и задней части конуса до основания (земли). По мере увеличения числа слоев формируемого штабеля телескопический вылет транспортера уменьшается. Вследствие этого каждый слой штабеля будет уже, чем нижележащий слой.

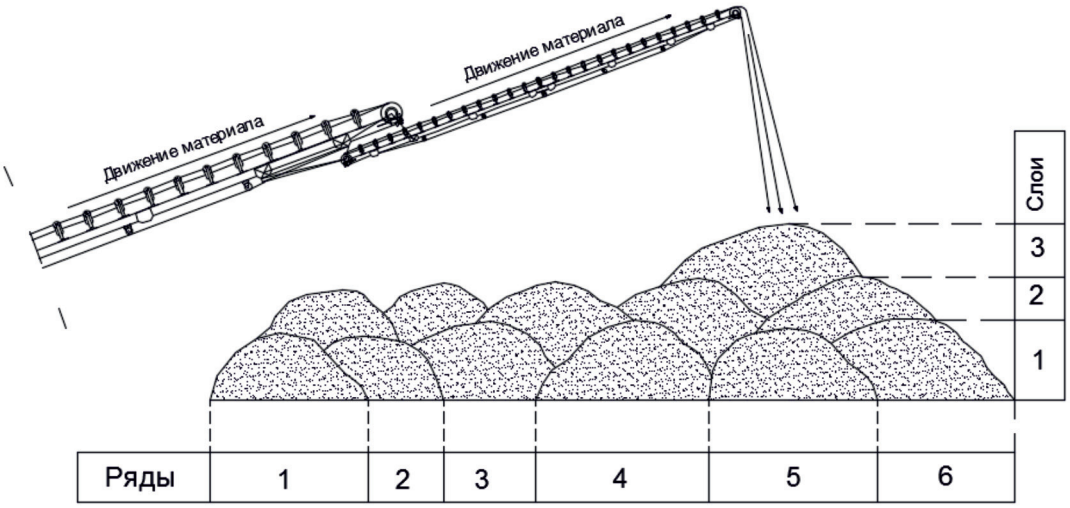


Рис. 9. Принципиальная схема формирования многослойного штабеля телескопическими радиальными транспортерами переменной высоты разгрузки

Поперечное сечение десегрегированного штабеля, составленного из нескольких слоев, исключает ссыпание и расслоение материала. Общий объем материала ниже, чем в штабелях, устроенных навалом, однако гранулометрический состав материала остается однородным по всему объему. Качество материала в таком штабеле значительно лучше, чем в штабелях, устроенных навалом, главным образом из-за отсутствия расслоения материала и его разрушения движением техники по штабелю.

В заключение следует отметить, что применение поворотных и телескопических транспортеров при устройстве штабелей хранения минеральных материалов является более предпочтительным способом создания их десегрегированного запаса. При этом обеспечивается снижение затрат труда, материально-технических и топливно-энергетических ресурсов, а также неблагоприятного воздействия на окружающую среду. По сравнению с другими технологическими решениями достигается более высокое качество материалов и стабильные режимы работы АСУ при производстве асфальтобетонных смесей. Альтернативные технологические решения отличаются большими трудозатратами и сложностью применяемого оборудования. К этому следует добавить, что эквивалентное качество хранения исходных компонентов АБС недостижимо иными существующими методами. Предлагаемые технологии автоматизации транспортерных операций предоставляют возможность максимизации объемов производства высококачественных асфальтобетонных смесей при одновременном сокращении или устранении трудоемких операций. Это позволит производить асфальтобетонные смеси, которые будут соответствовать нормативно-техническим показателям и более строгим требованиям заказчика. Более детальная проработка и выполнение полномасштабных экспериментальных исследований способов складирования инертных материалов обеспечит возможность создания нормативно-технической документации и технического регулирования вопросов организации хранения исходных инертных компонентов для производства асфальтобетонных смесей.

Естественно, предложенные в статье технологические решения носят концептуальный характер и требуют проведения дальнейших исследований в направлении повышения эффективности применения материалов, машин, оборудования, установок, инструментов, транспортных средств, систем автоматизации для производства асфальтобетонов. В целях повышения их качества необходимо совершенствование, теоретическое, экспериментальное и технико-экономическое обоснование технологических процессов, методов и форм организации производственной базы. Прежде всего, требуется разработка концептуального подхода к управлению качеством технологических процессов приготовления и транспортировки асфальтобетонных смесей для строительства транспортных и гидротехнических сооружений на основе

теории рисков. Основными компонентами такого подхода должны стать средства математического и физического моделирования способов производства асфальтобетонных смесей. К ним следует отнести: оптимизационно-квалиметрическую модель подбора исходных компонентов для приготовления асфальтобетонных смесей требуемого качества; метод обоснования частоты и объемов поставки битума для приготовления асфальтобетонных смесей требуемого качества; оптимизационно-квалиметрическую модель процесса проектирования асфальтобетонных смесей требуемого качества.

Список литературы

1. Ермошин Н.А., Лазарев Ю.Г. Управление техническими рисками при проектировании и строительстве автомобильных дорог в кн.: Материалы IV Международной научно-практической конф., Москва, 26–27 сентября 2014. – С. 73–77.

2. Ермошин Н.А. Проектирование производственной структуры дорожно-строительных организаций с учетом неопределенности структурообразующих факторов [Текст] / Н.А. Ермошин // Дороги и мосты. – 2012. – Т. 27. – С. 32–41.

3. ГОСТ Р 54401-2011. Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Технические требования [Текст]. – Введ. 2012 – 05 – 01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 19 с.

4. СТО НОСТРОЙ 2.25.39-2011. Устройство асфальтобетонных покрытий из литого асфальтобетона [Текст]. – Введ. 2011 – 12 – 05. – М.: Изд-во «БСТ», 2011. – 28 с.

5. СТО НОСТРОЙ 2.25.40-2011. Устройство асфальтобетонных покрытий из холодного асфальтобетона [Текст]. – Введ. 2011 – 12 – 05. – М.: Изд-во «БСТ», 2011. – 26 с.

6. Васильев А.М. Сегрегация мелкозернистых материалов при гравитационном обогащении [Текст]: дис. … канд. техн. наук: 25.00.13: защищена 21.05.2007: утв. 05.08.2008 / Васильев Антон Михайлович. – СПб., 2007. – 185 с.

7. ОДМ 218.3.016-2011. Методические рекомендации по снижению фракционной сегрегации асфальтобетонных смесей [Текст]: офиц. текст. – М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2012. – 12 с.

8. Радовский Б.С. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США [Текст] / Б.С. Радовский // Дорожная техника. – 2007. – С. 26–40.

9. Заяц О.И., Баданин А.Н. Проблемы применения теории зернистых сред в строительстве // Интернет-журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений». – 2012. – № 1. – С. 22–27.

10. Jon A.E. Guide to the construction of pavements from hot asphalt concrete [Текст] / A.E. Jon, D. Buser Robert // National Asphalt Pavement Association. – 2000. – P. 62–67.

11. Thomas W. Segregation in Asphalt Mixtures Produced in Drum Mix Plants [Текст] / W.T. Kennedy, R.J. Holmgreen // Transportation Research Board National Research Council. – 1986. – P.10–13.

12. СТО НОСТРОЙ 2.25.38-2011. Устройство асфальтобетонных покрытий из щебеночно-мастичного асфальтобетона [Текст]. – Введ. 2011 – 12 – 05. – М.: Изд-во «БСТ», 2011. – 31 с.

УДК 621.3.035.221.73:536.2:549.328

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДОБРОТНОСТЬ КОМПОЗИТА PBTE – УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ

[1]Кармоков А.М., [1]Молоканова О.О., [1]Калмыков Р.М., [1]Молоканов О.А., [1]Кармоков М.М., [1]Дышекова А.Х., [2]Усаев А.А.

[1]Кабардино-Балкарский государственный университет, Нальчик, e-mail: karmokov@kbsu.ru;
[2]Чеченский государственный университет, Грозный, e-mail: kurchali.n.@mail.ru

На основе теории Максвелла для обобщенной проводимости изотропной среды с включениями частиц получены зависимости удельной электропроводности, удельной теплопроводности и термоэлектрической добротности ZT полупроводникового термоэлектрического материала теллурид свинца от температуры и концентрации включений углеродных наночастиц. В качестве включений рассматриваются углеродные хлопьевидные гранулы, скомпактированные углеродные нанотрубки, нанофрактальный углерод и нанотрубный углерод. Расчетным путем показано: зависимости удельной электропроводности от концентрации включений и от температуры имеют монотонный характер. Для удельной теплопроводности зависимость от температуры также монотонна, но зависимость от концентрации включений имеет более сложный характер и при высоких температурах проходит через минимум. Добавка всех типов рассмотренных наноразмерных углеродных включений приводит к снижению термоэлектрической добротности ZT. С повышением температуры до приблизительно 500 К термоэлектрическая добротность ZT возрастает. При дальнейшем повышении температуры термоэлектрическая добротность уменьшается. При этом для всей рассмотренной области температур зависимость термоэлектрической добротности от концентрации включений имеет монотонный характер.

Ключевые слова: теллурид свинца, теплопроводность, электропроводность, термоЭДС, термоэлектрическая добротность, гетерогенные системы, наночастицы, углеродные нанотрубки, композиционные материалы

THE THERMOELECTRIC FIGURE OF MERIT OF THE PBTE – CARBON NANOPARTICLES COMPOSITE

[1]Karmokov A.M., [1]Molokanova O.O., [1]Kalmykov R.M., [1]Molokanov O.A., [1]Karmokov M.M., [1]Dyshekova A.Kh., [2]Usaev A.A.

[1]Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, e-mail: karmokov@kbsu.ru;
[2]Chechen State University, Grozny, e-mail: kurchali.n.@mail.ru

The dependences of the specific electrical conductivity, the thermal conductivity and the thermoelectric figure of merit of the ZT of the semiconductor thermoelectric material of lead telluride on the temperature and concentration of inclusions of carbon nanoparticles were obtained on the basis of the Maxwell theory for the generalized conductivity of an isotropic medium with particle inclusions. Carbon flocculent granules, compacted carbon nanotubes, nanofractal carbon and nanotube carbon are considered as inclusions. The dependences of the specific electrical conductivity on the concentration of inclusions and on the temperature are monotonic in nature with according to calculations. The temperature dependence of the specific thermal conductivity is also monotonic. However, the dependence on the concentration of inclusions is more complex and passes through a minimum at high temperatures. The addition of all types of the considered nano-sized carbon inclusions leads to a decrease in the thermoelectric figure of merit ZT. With an increase in temperature to about 500 K the thermoelectric figure of merit increases. With a further increase in temperature the thermoelectric figure of merit decreases. The dependence of the thermoelectric figure of merit on the concentration of inclusions has a monotonous character in the all considered temperature region.

Keywords: lead telluride, thermal conductivity, electrical conductivity, thermoelectric power coefficient, thermoelectric figure of merit, heterogeneous systems, nanoparticles, carbon nanotubes, composite materials

В настоящее время материалы для термоэлектрогенераторов с высоким КПД различают по температурным диапазонам: для низких температур (T~300 К), для средних температур и для высоких температур (T~800 К и выше). Теллурид свинца является одним из перспективных полупроводниковых материалов, применяемых в термоэлектрических преобразователях энергий в области средних температур [1–2]. Основными методами повышения термоэлектрической эффективности материала являются легирование халькогенидами или металлами, образующими твердые растворы, добавление наноразмерных частиц в исходную матрицу или использование дисперсных материалов. В настоящее время разработаны новые материалы на основе PbTe с добавками наночастиц SrTe, NaTe и др., которые значительно повышают термоэлектрическую эффективность Z, впервые введенную А.Ф. Иоффе. Чаще используют безразмерную термоэлектрическую добротность, обычно обозначаемую ZT,

$$ZT = \frac{\sigma\alpha^2 T}{\lambda},$$

где σ – удельная электропроводность, α – термоЭДС, Т – температура, λ – удельная теплопроводность.

Влияние нерастворимых наноразмерных дисперсных частиц прогнозируют путем расчета электропроводности, теплопроводности, термоЭДС и термоэлектрической добротности. В настоящей работе проводятся расчеты температурных зависимостей указанных термодинамических характеристик PbTe при добавке углеродных наночастиц различных размеров и концентраций.

Для расчета теплопроводности и электропроводности двухкомпонентной системы применена теория Максвелла для обобщенной проводимости изотропной среды с включениями частиц сферической формы [3]. При этом предполагается, что расстояние между частицами настолько велико, чтобы взаимодействием можно было пренебречь.

Используя уравнения Максвелла, можно рассчитать температурную зависимость электропроводности $\sigma(T)$ и теплопроводности $\lambda(T)$ в случае, если компоненты составной структуры не взаимодействуют между собой. В этом случае для компонентов гетерогенной структуры можно записать:

для электропроводности:

$$\sigma(T)=\sigma_1(T)\frac{2\sigma_1(T)+\sigma_2(T)-2\upsilon\left[\sigma_1(T)-\sigma_2(T)\right]}{2\sigma_1(T)+\sigma_2(T)+\upsilon\left[\sigma_1(T)-\sigma_2(T)\right]}, \quad (1)$$

где σ_1 – электропроводность непрерывной фазы; σ_2 и υ – электропроводность и объемная концентрация дисперсной фазы соответственно;

для эффективной теплопроводности:

$$\lambda_{эфф}(T)=\lambda_1(T)\frac{2\lambda_1(T)+\lambda_2(T)-2\upsilon\left[\lambda_1(T)-\lambda_2(T)\right]}{2\lambda_1(T)+\lambda_2(T)+\upsilon\left[\lambda_1(T)-\lambda_2(T)\right]}, \quad (2)$$

где $\lambda_{эфф}$ – эффективная теплопроводность гетерогенной системы; λ_1 – теплопроводность непрерывной фазы; λ_2 – теплопроводность дисперсной фазы.

На основе экспериментальных данных работы [4] получена температурная зависимость электропроводности PbTe, которая описывается степенной функцией

$$\sigma_1=10^9T^{-1,798}\ \text{См},$$

а температурные зависимости теплопроводности и электродвижущей силы α аппроксимируются полиномами:

$$\lambda=-2\cdot10^{-8}T^3+5\cdot10^{-5}T^2-$$

$$-0,031T-8,6508\ \text{Вт/(м К)}$$

и

$$\alpha=-2\cdot10^{-12}T^3+1\cdot10^{-9}T^2+$$

$$+7\cdot10^{-7}T-7\cdot10^{-5},\ \text{В/К}.$$

На рис. 1 и 2 представлены полученные в [5] температурные зависимости электропроводности и термоЭДС для шести разновидностей углеродных материалов.

Из рис. 1 видно, что в исследованной области температур электропроводность моно- и поликристаллического графита мало зависит от температуры и имеет значения

$$\sigma_1=4,2\ \text{См и}\ \sigma_2=3,5\ \text{См}$$

соответственно. Температурные зависимости электропроводности различных углеродных наночастиц, представленных на рис. 1, аппроксимируются уравнениями: для нанофрактального углерода

$$\sigma_3=2,8402\exp(-0,2518/T)\ \text{См};$$

для нанотрубного углерода

$$\sigma_4=3,5796\exp(-0,5742/T)\ \text{См};$$

для скомпактированных углеродных нанотрубок

$$\sigma_5=0,4717\exp(-0,56/T)\ \text{См};$$

для хлопьевидных гранул из связок нанотрубок.

$$\sigma_6=3,6133\exp(-1,2753/T)\ \text{См}.$$

Как видно из рис. 2, термоЭДС этих углеродных материалов практически не зависит от температуры и имеет значения: 2,7 и 6 мкВ/К для моно- и поликристаллического графита соответственно; 18,7 и 22,7 мкВ/К для нанофрактального и нанотрубного углерода соответственно; 33,3 мкВ/К для скомпактированных углеродных нанотрубок; 58 мкВ/К для углеродных хлопьевидных гранул из связок нанотрубок, имеющих фрактальную структуру.

Теплопроводность углеродных нанотрубок также мало зависит от температуры и имеет значение ~ 3000 Вт/(м·К) [6].

С использованием этих экспериментально полученных зависимостей нами проведены расчеты электропроводности, теплопроводности, термоЭДС и термоэлектрической добротности композиционного

материала PbTe с включениями углеродных наночастиц различных видов. Расчеты проводились для различных содержаний углеродных наночастиц от 0,001 до 0,2 долей. Результаты расчетов для термоэлектрической добротности PbTe с добавками углеродных наночастиц различных объемных концентраций приведены в таблице. На рис. 3–5 показаны зависимости электропроводности, теплопроводности и термоэлектрической добротности соответственно от температуры и концентрации углеродных хлопьевидных гранул в PbTe.

Как видно из рис. 3, удельная электропроводность теллурида свинца с углеродными хлопьевидными гранулами монотонно понижается как с увеличением концентрации включений, так и с повышением температуры во всей исследованной области концентраций и температур.

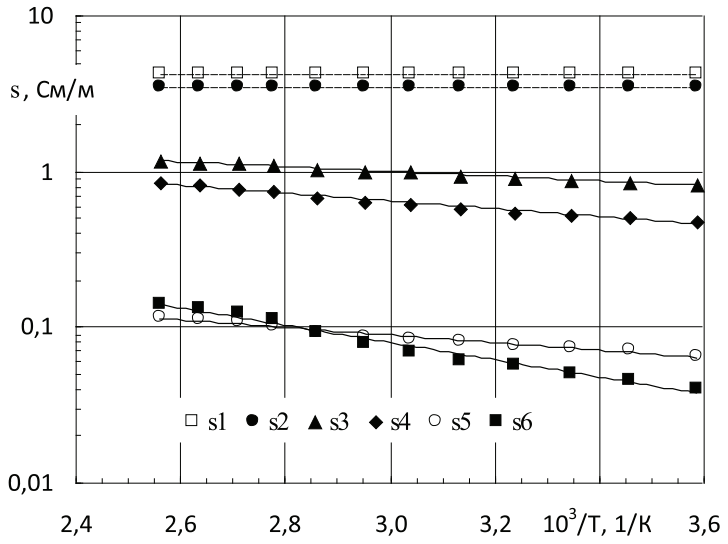


Рис. 1. Политермы электропроводности для различных структурных состояний углерода: 1, 2 – моно- и поликристаллический графит соответственно; 3, 4 – нанофрактальный и нанотрубный углерод; 5 – скомпактированные углеродные нанотрубки; 6 – углеродные хлопьевидные гранулы из связок нанотрубок фрактальной структуры [5]

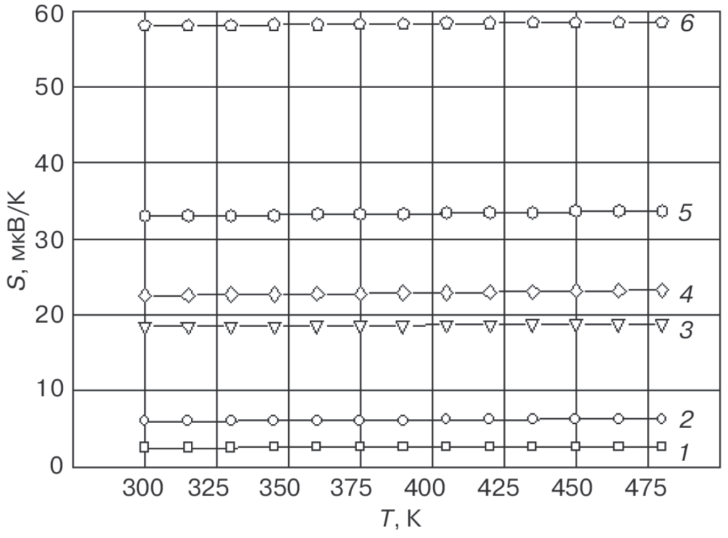


Рис. 2. Политермы термоЭДС для различных структурных состояний углерода: 1 и 2 – моно- и поликристаллический графит соответственно; 3 и 4 – нанофрактальный и нанотрубный углерод соответственно; 5 – скомпактированные углеродные нанотрубки; 6 – углеродные хлопьевидные гранулы [5]

Расчетные значения термоэлектрической добротности PbTe с добавками углеродных наночастиц различных объемных концентраций *x* (в долях) при различных температурах

T, К		300	400	450	500	550	600	700	800	900
Углеродные хлопьевидные гранулы										
x	0,005	0,668	1,472	1,754	1,846	1,734	1,459	0,705	0,116	0,059
	0,01	0,648	1,427	1,700	1,789	1,681	1,414	0,683	0,112	0,057
	0,015	0,628	1,383	1,648	1,734	1,629	1,371	0,663	0,109	0,055
	0,02	0,610	1,341	1,597	1,681	1,579	1,329	0,642	0,106	0,053
Скомпактированные углеродные нанотрубки										
x	0,005	0,668	1,472	1,754	1,846	1,734	1,459	0,705	0,116	0,059
	0,01	0,648	1,427	1,700	1,789	1,681	1,414	0,683	0,112	0,057
	0,015	0,628	1,383	1,648	1,734	1,629	1,371	0,663	0,109	0,055
	0,02	0,610	1,341	1,597	1,681	1,579	1,329	0,642	0,106	0,053
Нанофрактальный углерод										
x	0,005	0,667	1,471	1,753	1,845	1,733	1,458	0,704	0,116	0,059
	0,01	0,647	1,425	1,698	1,787	1,679	1,413	0,682	0,112	0,057
	0,015	0,627	1,380	1,645	1,731	1,626	1,369	0,661	0,109	0,055
	0,02	0,607	1,337	1,593	1,677	1,575	1,326	0,641	0,105	0,053
Нанотрубный углерод										
x	0,005	0,668	1,471	1,753	1,845	1,734	1,753	0,705	0,116	0,059
	0,01	0,647	1,425	1,699	1,788	1,680	1,699	0,683	0,112	0,057
	0,015	0,627	1,381	1,646	1,732	1,627	1,646	0,662	0,109	0,055
	0,02	0,608	1,338	1,595	1,678	1,577	1,595	0,641	0,106	0,053

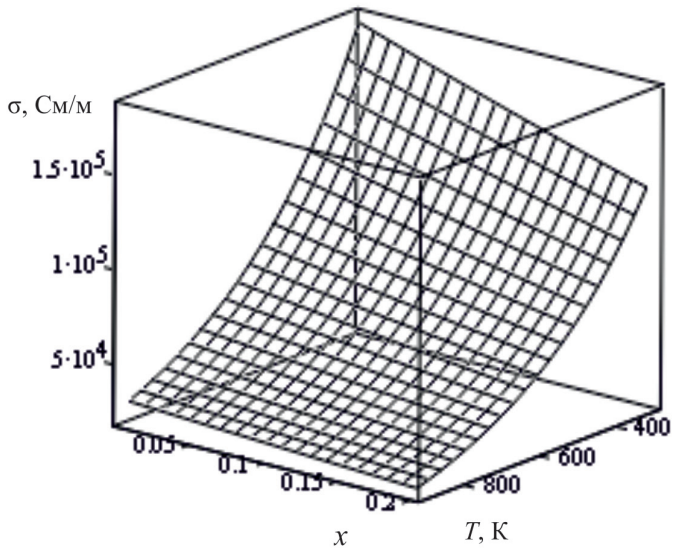


Рис. 3. Рассчитанная зависимость электропроводности σ от температуры T и концентрации x углеродных хлопьевидных гранул в PbTe

Удельная теплопроводность (см. рис. 4) теллурида свинца с углеродными хлопьевидными гранулами имеет более сложный характер. Она возрастает практически линейно с ростом температуры во всем исследованном диапазоне температур. А с изменением концентрации включений имеет минимум при концентрации около 0,05.

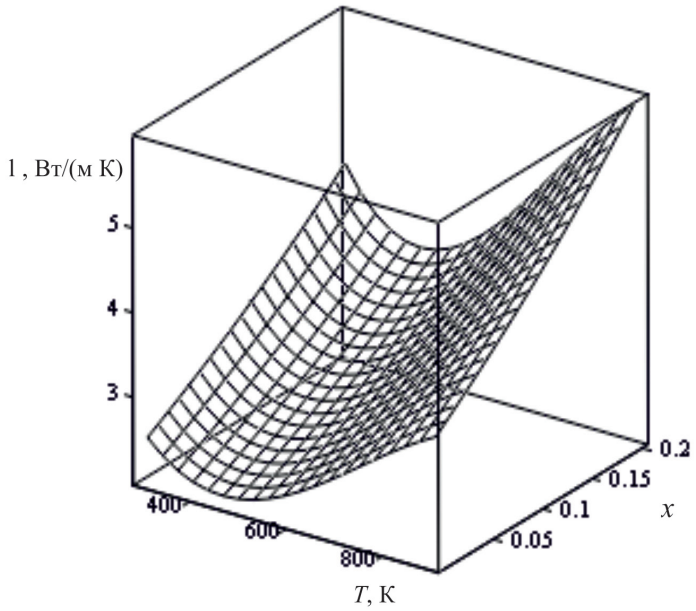


Рис. 4. Рассчитанная зависимость теплопроводности λ от температуры T и концентрации x углеродных хлопьевидных гранул в PbTe

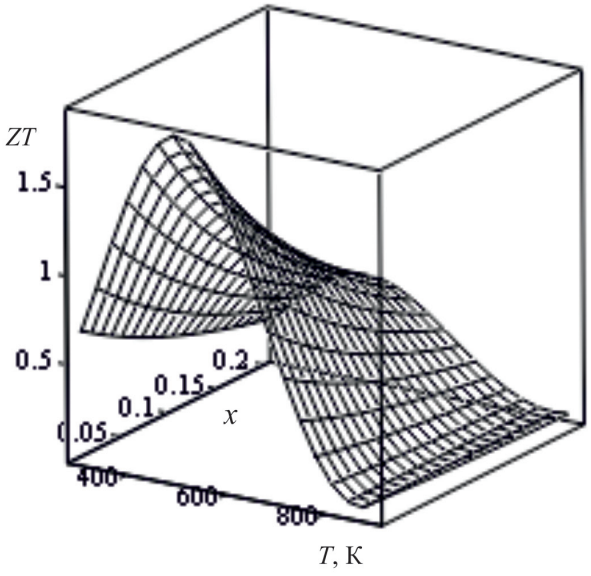


Рис. 5. Рассчитанная зависимость термоэлектрической добротности ZT от температуры T и концентрации x углеродных хлопьевидных гранул в PbTe

Расчет термоэлектрической добротности (см. рис. 5) теллурида свинца с углеродными хлопьевидными гранулами показывает монотонное уменьшение добротности с ростом концентрации включений. Зависимость добротности от температуры проходит через максимум при температурах около 500 К и наибольшее значение около 1,9.

Таким образом из проведенных расчетов видно, что для перспективного в области средних температур термоэлектрического материала теллурида свинца, имеющего включения частиц углеродных наноматериалов, с повышением температуры до 500 К термоэлектрическая добротность возрастает, а затем снижается. Термоэлектрическая добротность с увеличением концентрации всех видов углеродных наночастиц во всей исследованной области температур снижается. Кроме этого, добавление в небольших

концентрациях углеродных наночастиц приводит к изменению типа электропроводности полупроводникового материала с дырочного на электронный.

Список литературы

1. Дмитриев А.В. Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов / А.В. Дмитриев, И.П. Звягин // УФН. – 2010. – Т. 180, № 8. – С. 821–838.

2. Снарский А.А. О предельных значениях добротности термоэлектрических композитов / А.А. Снарский, М.И. Женировский, И.В. Безсуднов // Физика и техника полупроводников. – 2008. – Т. 42, № 1. – С. 82–86.

3. Трактат об электричестве и магнетизме / Д.К. Максвелл. – М.: Наука, 1989. – Т. 1. – С. 349–361.

4. Число Лоренца и фактор Холла в вырожденных полупроводниках при резонансном рассеянии носителей тока / Л.В. Прокофьева и др. // Физика и техника полупроводников. – 2008. – Т. 42, № 10. – С. 1180–1189.

5. ТермоЭДС углеродных наноструктур. Углеродные наноструктуры для альтернативной энергетики. Наносистемы: синтез, свойства, применение / И.В. Золотухин и др. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – АЭЭ, 2005. – № 6 (26). – С. 75–77.

6. Углеродные нанотрубки. – URL: http://www.nanocyl.com/ru/content/view/full/155/ (дата обращения: 18.08.2017).

УДК 62-216.6:631.316

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КУЛЬТИВАТОРНЫХ СТОЕК С ИЗМЕНЯЕМОЙ ЖЕСТКОСТЬЮ

Кокошин С.Н., Созонов С.М.

ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Тюмень, e-mail: mti-tsaa@yandex.ru

Одним из путей повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции можно назвать совершенствование технологий и технических средств с целью увеличения урожайности. В связи с этим в статье рассмотрены основные факторы, влияющие на урожайность, которые связаны с предпосевной обработкой почвы и посевом. Проведен анализ почв Тюменской области, который описывает изменяемую структуру и физико-механический состав. Представлена математическая зависимость, определяющая взаимосвязь потери урожайности от среднеквадратичного отклонения глубины предпосевной обработки почвы. В связи с этим предложена конструкция S-образной культиваторной стойки, которая позволяет изменять свою изгибную жесткость за счет увеличения гидравлического давления, подаваемого в полость гибкого трубчатого элемента. Увеличение жесткости стойки позволит уменьшить амплитуду колебаний рабочего органа культиватора, которая возникает от действия сил сопротивления почвы. В статье представлены результаты экспериментальных исследований опытного образца предлагаемой стойки. Получены результаты по тяговому сопротивлению и коэффициенту вариации глубины обработки почвы, на основании которых можно сделать выводы, что при обработке почвы культиватором на глубину 5 см с номинальным давлением в диапазоне 2–3 МПа, тяговое усилие на 1 лапу составило 115 и 110 Н соответственно, а коэффициент вариации глубины обработки почвы не превышает 10%.

Ключевые слова: культиватор, глубина обработки, сила сопротивления, жесткость стойки, S-образная стойка, тяговое сопротивление, равномерность глубины

EXPERIMENTAL STUDIES OF CULTIVATION STAND VARIABLE STIFFNESS

Kokoshin S.N., Sozonov S.M.

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, e-mail: mti-tsaa@yandex.ru

One of the ways to increase the yield and quality of agricultural products can be identified improvement of technology and technology to increase yields. In this regard, the article considers the main factors affecting yields, which are associated with presowing soil cultivation and sowing. The analysis of soils of the Tyumen region, which describes a variable structure and physicomechanical composition, is carried out. The mathematical dependence defining the relationship between the yield loss and the root-mean-square deviation of the presowing soil depth is presented. In this regard, the design of the S-shaped cultivator stand is proposed, which allows changing its flexural rigidity by increasing the hydraulic pressure applied to the cavity of the flexible tubular element. Increasing the rigidity of the rack will reduce the amplitude of vibrations of the cultivator's working body, which arises from the action of soil resistance forces. The article presents the results of experimental studies of the prototype of the proposed rack. The obtained results on the traction resistance and the coefficient of variation of the depth of tillage on the basis of which it can be concluded that when cultivating the soil with a cultivator to a depth of 5 cm with a nominal pressure in the range of 2..3 MPa, the pulling force per paw was 115 and 110 N, respectively, and the coefficient of variation of the depth of tillage does not exceed 10%.

Keywords: cultivator, working depth, and the resistance, the rigidity of the rack, S-shaped strut, traction resistance, uniformity of depth

Развитие аграрного сектора в Российской Федерации ставит задачи для освоения новых земель и изыскания методов увеличения урожайности сельскохозяйственных культур [1]. При посеве зерновых культур одним из основных требований, оказывающих значительное влияние на урожайность, является глубина посева семян, которая напрямую связана с глубиной предпосевной обработки почвы [2, 3]. В научных работах предложена зависимость урожайности зерновых от отклонения глубины предпосевной обработки почвы:

$$U = C - \Delta U;$$

$$\Delta U = d \cdot \sigma^2, \quad (1)$$

где U – урожайность, ц/га;

ΔU – потери урожая, ц/га;

C и d – постоянные коэффициенты, имеющие табличные значения;

σ – среднеквадратичное отклонение глубины обработки почвы, см.

Как видно из (1), потери урожая имеют квадратичную зависимость от равномерности глубины обработки почвы.

Современные технологии предусматривают возможность совмещения операций предпосевной обработки и посева. В этом случае применяются лаповые рабочие органы [4], динамику которых можно рассматривать, как и культиваторную лапу.

Отмечено, что в существующих агротехнических требованиях по возделыванию зерновых культур отсутствуют точно сформулированные допуски на отклонения

качественных показателей работы предпосевных почвообрабатывающих агрегатов. Поэтому при полевых испытаниях культиваторов основными показателями, характеризующими качество обработки почвы, являются среднее квадратичное отклонение установленной глубины – σ и коэффициент ее вариации *k*. Работа почвообрабатывающего агрегата считается удовлетворительной, если коэффициент вариации глубины обработки не превышает 10 % [5]. В силу неоднородности почвы и различной конструкции культиваторных рабочих органов соблюдение глубины обработки в указанных пределах практически невозможно [2], а на посевных агрегатах это непосредственно приводит к снижению урожайности [6].

Для снижения воздействия силы сопротивления почвы на глубину хода рабочего органа стали применяться культиваторы на жестких стойках. Но при этом было отмечено увеличение тягового сопротивления сельскохозяйственной машины, что существенно ограничило область применения таких машин [7]. При изучении процесса взаимодействия культиваторной лапы с почвой было отмечено, что сила сопротивления почвы вызывает вибрацию стойки рабочего органа, но при этом снижает стабилизацию глубины обработки почвы до 15 % [8, 9].

Еще одним негативным фактором, влияющим на глубину хода посевных и почвообрабатывающих машин, является неоднородность почвы на обрабатываемом поле. Земли Тюменской области подразделяются три природно-сельскохозяйственные зоны: лесостепная, южно-таежная, подтаежная. Южно-таежная зона представляет собой почвы практически однородные, поэтому их физико-механические свойства меняются незначительно. Подтаежная зона включает в себя в основном серые лесные и светло-серые лесные почвы, которым свойственна распыленность структуры и легкая заплываемость пашни после дождя. Структура почв, по сравнению с южно-таежной зоной, более разнообразна. Физико-механический состав почв различен, поэтому и к обработке почвы предъявляются различные требования. Большую часть территории области занимает лесостепная зона. В почвенном покрове лесостепи преобладают почвы гидроморфного и засоленного рядов. Они представлены лугово-черноземными и болотными почвами в комплексе с солонцами и солончаками. Для пахотного поля лесостепной зоны характерна мелкоконтурность, разбросанность отдельно обрабатываемых массивов по территории. Средний размер обособленного контура не превышает 40 га. Если в лесостепной зоне имеются крупные пахотные массивы, то в северной части пашня напоминает лоскутное одеяло. Средний размер здесь не превышает 15–20 га, а контуры имеют самую причудливую, крайне неудобную для обработки конфигурацию [10]. В силу того, что структура обрабатываемого поля неоднородна, необходимо предложить механизм, который сможет регулировать глубину обработки почвы и посева семян в зависимости от физико-механического состава почвы.

Для решения описанной задачи мы предлагаем конструкцию рабочего органа с использованием гибкого трубчатого элемента (рис. 1) [11].

Принцип работы предлагаемого рабочего органа заключается в следующем. Перед началом работы выполняется настройка заданной глубины обработки почвы. В процессе работы сила сопротивления со стороны почвы действует на лапу 1, перемещая её в обратное направление по ходу движения и выглубляя ее за счет деформации крепления лапы 2 и гибкого трубчатого элемента 3. В результате данного явления происходит уменьшение глубины обработки почвы и увеличение площади лобового сопротивления лапы. Для компенсации данного перемещения в полость гибкого трубчатого элемента через штуцер 4 подается жидкость с гидравлической системы трактора под давлением. Под действием жидкости поперечное сечение трубчатого элемента, имеющее в исходном состоянии параметры 2 а и 2 в (рис. 1, б), деформируется, принимая форму с параметрами $2а_1$ и $2в_1$ (рис. 1, в). Причем при действии жидкости выполняется условие

$$2а < 2а_1,$$

$$2в > 2в_1. \qquad (2)$$

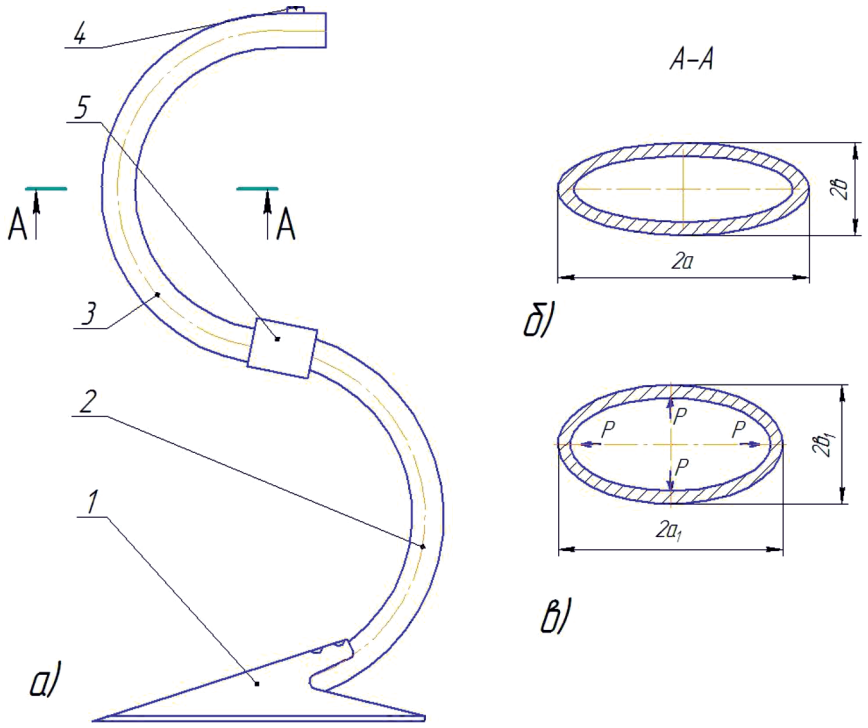
Для стабилизации установленной глубины обработки почвы необходимо установить взаимосвязь между действием силы сопротивления почвы и гидравлическим давлением. Под действием силы сопротивления возникает изгибающий момент. Рассматривая S-образную стойку как консольную криволинейную балку, значение изгибающего момента можно определить, используя интеграл Мора [12]:

$$y = \int_0^l \frac{M_1(z) \cdot M(z)}{E \cdot J_x(z)} dz, \qquad (3)$$

где $M_1(z)$ – значение момента от единичной силы;

$M(z)$ – значение момента от внешней нагрузки;

EJ_x – жесткость балки на изгиб.



1 – лапа, 2 – крепление лапы, 3 – гибкий трубчатый элемент, 4 – штуцер, 5 – кронштейн

Рис. 1. Предлагаемый рабочий орган культиватора: а – общий вид рабочего органа; б – поперечное сечение элемента без давления; в – поперечное сечение элемента под действием давления

Для определения перемещений под действием деформации гибкого трубчатого элемента от значения гидравлического давления используется полубезмоментная теория расчета оболочек [13]. Результаты, полученные при математическом исследовании, представлены в научной работе одного из авторов [11].

Для подтверждения научной гипотезы и теоретических результатов исследований была разработана установка для проведения полевых испытаний (рис. 2).

Экспериментальная установка, использованная при исследованиях, навешивается на трактор и агрегат выполняет культивирование почвы. На раму 1 жестко закрепляются прямоугольные направляющие 2, вдоль которых перемещается кронштейн 3 (динамометрическая тележка). Рабочий орган 4 крепится к передвижной тележке 3, которая при помощи динамометра 6 ограничена в продольном перемещении по ходу трактора. Гидравлическая система трактора соединена с полостью упругого элемента посредством шлангов высокого давления. В данную магистраль установлен манометр 5.

В качестве объектов исследований выступали следующие показатели:

– тяговое сопротивление агрегата;

– среднеквадратичное отклонение глубины обработки почвы;

– коэффициент вариации глубины обработки почвы.

Для исследований был изготовлен опытный образец гибкого трубчатого элемента с параметрами, удовлетворяющими условиям прочности при изгибе: центральный угол – 170 °, радиус центральной линии 230 мм, размеры осей эллипса поперечного сечения 2а = 30 мм, 2в = 60 мм, толщина стенки сечения h = 3,5 мм. Эксперимент проводился в пятикратном повторении на глубине обработки от 2 до 6 см. Агрегат работал с предлагаемым рабочим органом в следующих режимах: без подачи давления в полость гибкого трубчатого элемента и с подачей давления от 1 до 4 МПа. Полученные результаты обрабатывались в математическом редакторе MathCAD, а графические зависимости представлены на рис. 3.

Как видно из полученных зависимостей, коэффициент вариации возрастает с увеличением глубины обработки. Это связано с тем, что прирост силы сопротивления почвы, действующей на культиваторную лапу, приводит к увеличению изгибающего момента. Согласно выражению 2 это приводит

к увеличению перемещения лапы в вертикальной плоскости.

При работе рабочего органа без давления коэффициент вариации более 10%, что характеризует изменчивость вариационного ряда как среднюю. Согласно пороговым значениям [5], работа культиватора считается удовлетворительной, если значение коэффициента не превышает 10%. Соответственно, собственной жесткости экспериментального образца недостаточно даже при глубине обработки 3 см.

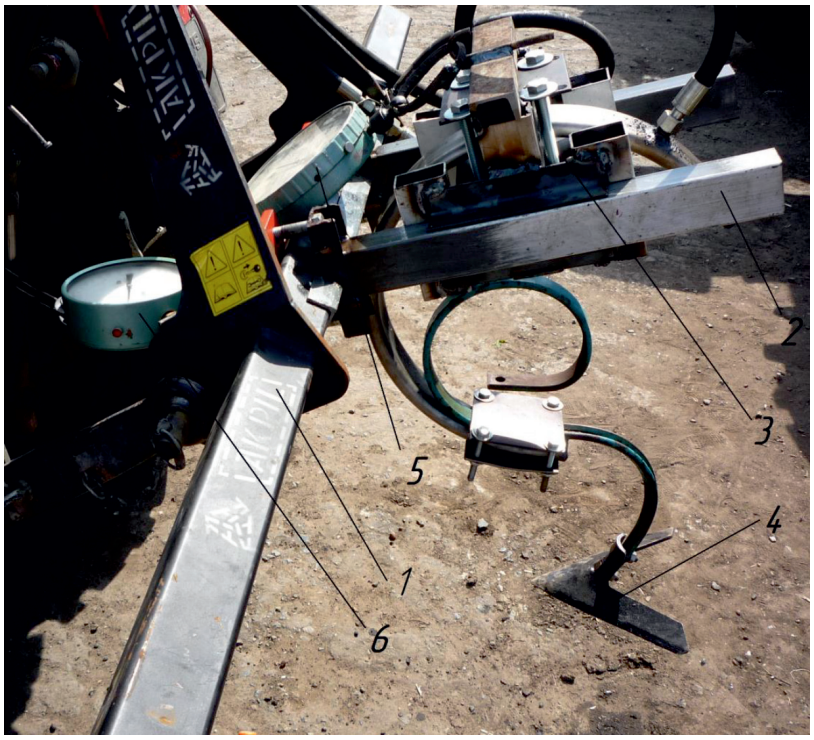


Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки: 1 – рама; 2 – направляющие; 3 – передвижной кронштейн; 4 – рабочий орган; 5 – манометр; 6 – динамометр

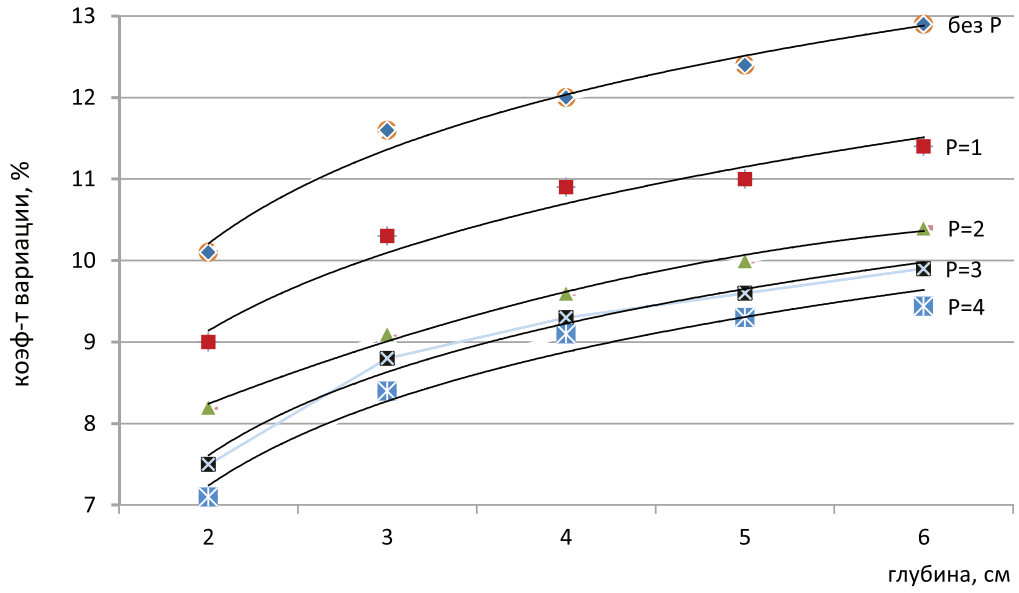


Рис. 3. Зависимость коэффициента вариации от значения давления

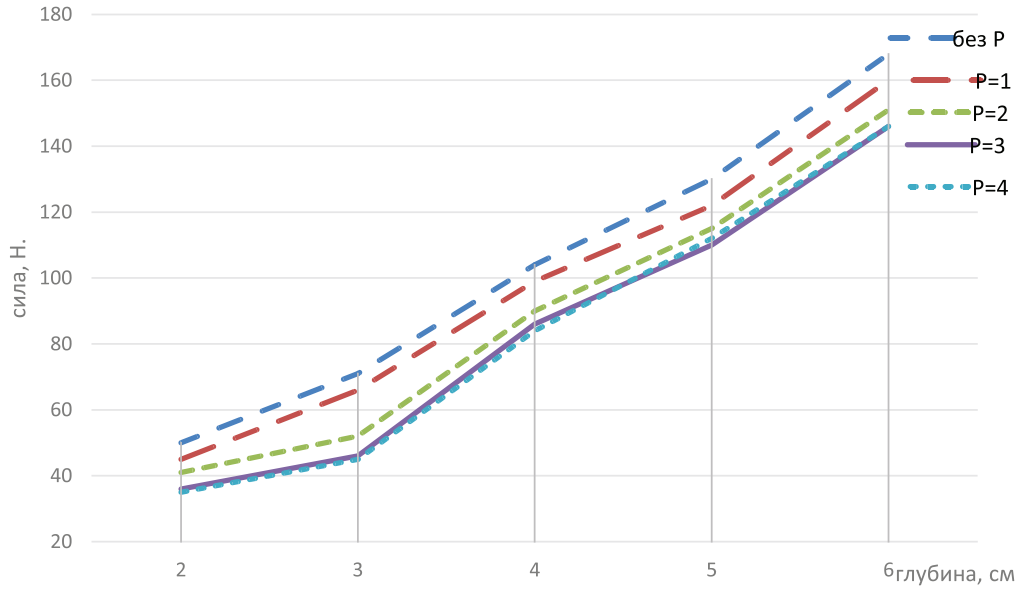


Рис. 4. Зависимости силы сопротивления от значения давления

При подаче жидкости под давлением в полость гибкого трубчатого элемента изгибная жесткость последнего начинает увеличиваться и, соответственно, перемещение лапы уменьшаться. Но необходимо учитывать, что с увеличением жесткости элемента уменьшается амплитуда и частота колебаний стойки, влияющих на тяговое сопротивление агрегата. На рис. 4 представлены зависимости силы сопротивления почвы при движении агрегата со скоростью 3,6 м/с.

Полученные результаты экспериментальных исследований показывают, что с увеличением глубины обработки почвы возрастает и тяговое сопротивление. Причем из представленных зависимостей следует, что увеличение жесткости стойки за счет гидравлического давления в полости гибкого трубчатого элемента приводит к снижению тягового сопротивления. Но необходимо отметить, что при увеличении давления с 3 до 4 МПа тяговое сопротивление изменилось незначительно.

По результатам проведенных исследований можно утверждать, что предлагаемая конструкция стойки культиваторной лапы с изменяемой жесткостью в комплексе со следящей системой [14] позволит выдерживать установленную глубину обработки почв с различными физико-механическими свойствами. При создании гидравлического давления в полости гибкого трубчатого элемента в диапазоне 2–3 МПа и глубине обработки почвы 5 см, тяговое усилие на 1 лапу составило 115 и 110 Н соответственно, а коэффициент вариации глубины обработки почвы не превышает 10%.

Список литературы

1. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области / Л.Н. Каретин. – Новосибирск: Наука, 1990. – 286 с.

2. Энергосберегающая техника для минимальной и нулевой обработки почв в Сибири / Г.Е. Чепурин, А.Н. Власенко, В.Ф. Федоренко и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 132 с.

3. Беляев В.И. Соколова Л.В. Вариабельность урожайности сортов яровой мягкой пшеницы в приобской зоне Алтайского края / В.И. Беляев, Л.В. Соколова // Тезисы XI международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству», ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет. – 2016. – С. 32–34.

4. Абрамов Н.В. Земледелие западной Сибири / Н.В. Абрамов, В.Л. Ершов, П.Ф. Ионин. – Тюмень: ТГСХА, 2009. – 348 с.

5. Воцкий З.И. Испытания сельскохозяйственной техники / З.И. Воцкий, А.З. Воцкий. – Челябинск: ЧГАУ, 2006. – 237 с.

6. Сравнительный анализ агротехнических характеристик посевных комплексов, оборудованных лаповыми сошниками / Е.В. Демчук и др. // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – № 3 (6). URL: http://e-journal.omgau.ru/index.php/2016-god/5/29-statya-2016-2/376-00126.

7. Пораева З.Х. Конструкции современных культиваторов для обработки каменистых почв / З.Х Порасева // Материалы 6-й международной научно-практической конференции «Перспективы развития АПК в современных условиях». – Владикавказ: Горский ГАУ, 2016. – С. 230–233.

8. Экспериментальное исследование упругой S-образной стойки культиватора / С.Е. Федоров [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 5. – С. 53–57.

9. Кокошин С.Н. Ранжирование факторов, влияющих на урожайность зерновых культур / С.Н. Кокошин, Б.О. Киргинцев // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2014. – № 4 (27). – С. 62–64.

10. Иваненко А.С. Агроклиматические условия Тюменской области // А.С. Иваненко, О.А. Кулясова. – Тюмень: ТГСХА, 2008. – 206 с.

11. Кокошин С.Н. Обоснование параметров культиваторной стойки с изменяемой жесткостью: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.20.01 / С.Н. Кокошин. – Новосибирск, 2013. – 21 с.

12. Кочетков В.Т. Сопротивление материалов / В.Т. Кочетков, М.В. Кочетков, А.Д. Павленко. – СПб.: БВХ-Петербург, 2004. – 544 с.

13. Пирогов С.П. Манометрические трубчатые пружины / С.П. Пирогов. – СПб.: ООО «Недра», 2009. – 276 с.

14. Кокошин С.Н. Автоматизация процесса соблюдения глубины посева зерновых / С.Н. Кокошин, А.С. Кизуров // Агропродовольственная политика России. – 2014. – № 2. – С. 30–32.

УДК 69.056.53/.057.7:621.873

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗВЕНЬЕВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ БРИГАДЕ ПРИ ПАНЕЛЬНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Кулешов И.В., Пищухин А.М.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: tsppost@mail.ru

На строительной площадке кран является самым дорогостоящим оборудованием, и строительно-монтажные работы необходимо организовывать так, чтобы повысить эффективность его использования. Поэтому данное исследование посвящено максимизации степени загруженности башенного крана при возведении здания и определению оптимального количества занятых при этом звеньев рабочих в бригаде. Исследование выполнено на примере панельного домостроения. Решение задачи построено на сравнении стоимости простоя рабочего звена и стоимости простоя крана. При этом в расчет принимались средние технические показатели панелей, здания и крана. Выявленные зависимости интенсивности работы башенного крана от количества рабочих звеньев в бригаде показывают, что с увеличением этажности монтируемого здания целесообразно снижение количества занятых рабочих звеньев в бригаде.

Ключевые слова: панельное здание, монтаж, звено строительной бригады, кран, коэффициент загрузки крана, задача оптимизации

OPTIMIZATION OF THE NUMBER OF UNITS IN THE BUILDING TEAM DURING PANEL CONSTRUCTION

Kuleshov I.V., Pishchukhin A.M.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orenburg State University», Orenburg, e-mail: tsppost@mail.ru

On the construction site crane is the most expensive equipment, and construction and installation work must be organized so that to increase the efficiency of its use. Therefore, this study focuses on the maximization of the load of the tower crane during the construction of the building and the determination of the optimal number of employees in this units working in the brigade. The study was performed on the example of panel construction. The decision problem is based on comparing the cost of idle desktop level and cost of downtime of the crane. In this case, the calculation was the average technical parameters of the panels of the building and the crane. The revealed dependence of the intensity of work of a tower crane from the number of work units in the brigade show that increasing the height of the assembled building should be decreased the number of employed working links in the team.

Keywords: panel building, installation, link construction crews, crane, the load factor of the crane, the problem of optimization

За последние годы потребность в современных архитектурных решениях и расширение жилищного фонда способствовали повышению объемов строительных работ. При этом строящиеся объекты должны отвечать современным требованиям, предъявляемым строительной индустрией. Возводимые здания должны быть в полной мере безопасны, удовлетворять высоким темпам строительства, имея при этом низкую себестоимость и трудоемкость. Решение этой задачи требует повышения качественного уровня организации строительства, оптимизации существующих технологий. Почти всем этим требованиям удовлетворяют здания из сборных железобетонных элементов, в том числе панелей. Все изделия для них изготавливают на специализированных заводах, где технологические процессы полностью механизированы и в значительной степени автоматизированы. На строительной площадке происходит монтаж изготовленных конструкций, который обуславливает определенные проблемы, приводящие к увеличению сроков строительства, трудовых и финансовых затрат [1, 2].

В качестве главного ограничения при решении задачи оптимизации выступает безопасность производимых грузоподъемных работ, то есть обеспечение условий безопасного, плавного и бесперебойного перемещения грузов на строительной площадке при работе грузоподъёмного крана. Это в свою очередь приводит к необходимости повышения производительности и надёжности работы грузоподъемных кранов, скорости и точности перемещений груза и самого крана, роста его грузоподъёмности, рабочих скоростей, средней загрузки, экономичности и возможности интеграции в автоматизированные системы управления строительством [3].

Теория

Строительные конструкции имеют большое количество типов и размеров, но, несмотря на это, производство строительно-монтажных работ сводится лишь к ряду

последовательных операций, имеющих значительное сходство. Такими операциями являются: такелажные работы с целью закрепления конструкций для их транспортирования с места складирования к месту установки; само транспортирование; пространственная ориентация конструкции в процессе транспортирования и в зоне монтажа; предварительная установка конструкции; выверка ее положения в процессе установки; предварительное закрепление; коррекция положения по месту установки; закрепление в проектном положении и соединение с другими конструкциями в единое целое.

Современные технологии строительства характеризуются следующими основными тенденциями: увеличением этажности и размеров зданий, увеличением пролётов конструкций, применением большеразмерных элементов, увеличением объемов и темпов строительства. Это ведет к резкому возрастанию объемов грузоподъемных работ, необходимости увеличения массы и скорости перемещения грузов, поэтому ведущим звеном на строительной площадке, безусловно, является башенный кран, как главный и наиболее дорогостоящий механизм, обеспечивающий в том числе и многопоточность строительства. Для достижения максимальной эффективности строительно-монтажных работ необходимо стремиться к максимальной его загрузке [4, 5].

Если рассматривать монтаж здания из «осредненных» панелей, то коэффициент загрузки крана можно определить по формуле

$$k_{\text{загр}} = \frac{\sum_1^N P t^n_{\text{зан}}}{t_{\text{общ}}} \to \max, \qquad (1)$$

где $t^n_{\text{зан}}$ – время занятости крана на подаче одной панели для монтажа на n-ый этаж; $t_{\text{общ}}$ – общее рабочее время; n – порядковый номер монтируемого этажа; N – количество этажей в монтируемом здании; P – количество «осредненных» панелей необходимых для монтажа одного этажа. Под «осреднённой» панелью мы понимаем панели со средним временем монтажа.

Как видно из формулы (1), для максимизации коэффициента загрузки достаточно максимизировать его числитель за счет максимизации времени занятости крана. Время занятости крана на подаче одной панели для монтажа на n-ый этаж пределяется суммой следующих слагаемых:

$$t^n_{\text{зан}} = t_{\text{гор}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{верт}}(n-1) + t_{\text{уд}}, \qquad (2)$$

где $t_{\text{гор}}$ – среднее время перемещения панели по горизонтали от места складирования до места монтажа (строповка, перемещение, удержание на время монтажа, расстроповка, возврат); $t_{\text{верт}}$ – время перемещения панели по вертикали в пределах одного этажа; $t_{\text{тр}}$ – время торможения и разгона; $t_{\text{уд}}$ – время занятости крана на монтаж и расстроповку панели.

Количество звеньев K в бригаде, монтирующих каждую панель на каждом этаже, определяется из условия равенства затрат от ожидания звеном момента освобождения крана и от затрат от простоя крана, ожидающего конца монтажа.

$$C_1 K\left(K t^n_{\text{зан}} - t_{\text{норм}}\right) = C_2\left(t_{\text{норм}} - (K-1)t^n_{\text{зан}}\right)(K-1), \qquad (3)$$

где C_1 – стоимость единицы времени ожидания крана для звена; C_2 – стоимость единицы времени простоя крана; $t_{\text{норм}}$ – нормативное время монтажа одной панели одним звеном.

Раскрывая скобки в формуле (3), получаем

$$C_1K^2t^n_{\text{зан}} - C_1Kt_{\text{норм}} = C_2t_{\text{норм}}K - C_2t_{\text{норм}} - C_2K^2t^n_{\text{зан}} + 2C_2Kt^n_{\text{зан}} - C_2t^n_{\text{зан}}. \qquad (4)$$

В результате приходим к уравнению относительно K:

$$K^2t^n_{\text{зан}}\left(C_1+C_2\right) - K\left(t_{\text{норм}}\left(C_1+C_2\right) + 2C_2t^n_{\text{зан}}\right) + C_2\left(t_{\text{норм}} + t^n_{\text{зан}}\right) = 0. \qquad (5)$$

Подставив формулу (2) в (5), получим

$$K^2(t_{\text{гор}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{верт}}(n-1) + t_{\text{уд}})(C_1+C_2) - K(t_{\text{норм}}(C_1+C_2) +$$

$$+2C_2(t_{\text{гор}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{верт}}(n-1) + t_{\text{уд}})) + C_2(t_{\text{норм}} + (t_{\text{гор}} + t_{\text{тр}} + t_{\text{верт}}(n-1) + t_{\text{уд}})) = 0. \qquad (6)$$

Добавляя к преобразованному критерию в виде формулы (6) ограничения, получаем постановку задачи оптимизации количества звеньев в строительной бригаде при панельном домостроении. Ограничения в данной задаче следующие:

1. Используется только один работающий башенный кран;

2. Этажность возводимого дома изменяется от 1 до 20 этажей.

3. Скорость работы крана определяется его техническими характеристиками, указанными в паспорте.

4. Нормы времени монтажа панелей приняты в соответствии с ЕНИР (сборник Е4-1-8).

Материалы и методы исследования

В качестве примера рассмотрим наиболее распространённые модели башенных кранов Ржевского краностроительного завода (см. таблицу).

В таблице использованы следующие обозначения: t – время перемещения груза при средних значениях скорости и расстояния; V – средняя скорость перемещения груза; L – средние значения расстояний перемещения груза.

Нормы времени при расчете принимаем согласно ЕНИР сборник Е4-1-8 (Установка панелей стен и перегородок предусмотрена на постель из готового раствора с одновременной раскладкой маяков при необходимости и временным креплением подкосами или струбцинами.). В расчете имеется в виду следующий состав работ при установке панелей стен и перегородок зданий: устройство постели из раствора с раскладкой маяков; подъем и установка панелей; выверка и временное закрепление; подштопка горизонтального шва раствором; снятие временного крепления.

Состав звена в рабочей бригаде: монтажники 2, 3, 4, 5 разрядов по 1 человеку; машинист крана 6 разряда.

$t_{норм}$ = 29,1 мин, при средних Н.вр. монтажников = 1,94 ч/час. При этом средние Н.вр. машиниста = 0,5 ч/час.

Рыночные расценки:

$$C_1 = 10 \text{ руб/мин}; \; C_2 = 20 \text{ руб/мин}.$$

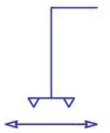
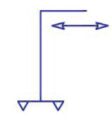
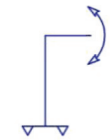
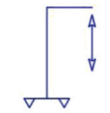
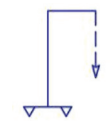
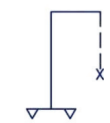
Для КБ-405 принимаем:

$$t_{гор} = 1{,}69 \text{ мин}; \; t_{верт} = 2{,}81 \text{ мин};$$

$$t_{тр} = 0{,}63 \text{ мин}; \; t_{уд} = 7{,}5 \text{ мин}.$$

Поставленная задача оптимизации относится к классу целочисленных и допускает решение методом полного перебора.

Технические характеристики башенных кранов

$V \times L$ / t	Схема перемещения груза	С нижним поворотом		С верхним поворотом	
		КБ-405	КБМ-401ПА	КБ-571Б	КБ-474А
$t_{гор}$ L = 20 м		20 / 20 м/мин = = 1 мин	20 / 20 м/мин = = 1 мин	20 / 16 м/мин = = 1,25 мин	20 / 16 м/мин = = 1,25 мин
0,5 оборота L = 20 м		0,5 об / 0,72 об/ мин = 0,69 мин	0,5 об / 0,66 об/ мин = 0,756 мин	0,5 об / 0,7 об/ мин = 0,71 мин	0,5 об / 0,75 об/ мин = 0,67 мин
		–	–	20 / 60 м/мин = = 0,33 мин	20 / 30 м/мин = = 0,67 мин
$t_{верт}$ H = 10 м		1,2 мин	1,2 мин	–	–
$H_{1ср}$ = 50 м		50 / 31 м/мин = = 1,61 мин	50 / 30 м/мин = = 1,67 мин	50 / 90 м/мин = = 0,56 мин	50 / 90 м/мин = = 0,56 мин
$t_{тр}$		3 / 4,8 м/мин = = 0,63 мин	3 / 4,8 м/мин = = 0,63 мин	3 / 4,8 м/мин = = 0,63 мин	3 / 4,8 м/мин = = 0,63 мин
$t_{уд}$		7,5 мин	7,5 мин	7,5 мин	7,5 мин

Результаты исследования и их обсуждение

В результате решения уравнения получим зависимость количества звеньев от этажности здания.

Для башенного крана КБ-405:

$$t_{зан}^{n} = t_{гор} + t_{тр} + t_{верт}(n-1) + \\ + t_{уд} = 9{,}82 + 2{,}81(n-1).$$

Подставляем эти значения в формулу (6), построим график зависимости K от n.

Аналогично построим графики для остальных кранов, принятых к сравнению.

Проведённые исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Наибольшее количество звеньев должно быть занято на монтаже нижних этажей;

2. С ростом количества этажей в здании количество звеньев нелинейно снижается.

3. Наиболее удобный алгоритм смены количества звеньев зависит от типа крана:

3.1. КБ-405 и КБМ-401ПА: 1 этаж – 3 бригады; 2–4 этаж – 2 бригады; 5–9 – 1 бригада;

3.2. КБ-571Б и КБ-474: 1–3 этаж – 3 бригады; 4–16 этаж – 2 бригады; 17–20 – 1 бригада.

4. При этажности здания более 10 этажей необходимо использовать краны с верхним расположением противовеса из-за критичности скорости перемещения груза. Нарушение этого требования ведет к недопустимому возрастанию времени простоя звена рабочей бригады.

5. При этажности здания более 10 этажей целесообразно использовать 2 и более кранов с нижним расположением противовеса. Также актуально исследование особенностей режимов работы крана с целью повышения эффективности его использования [6, 7].

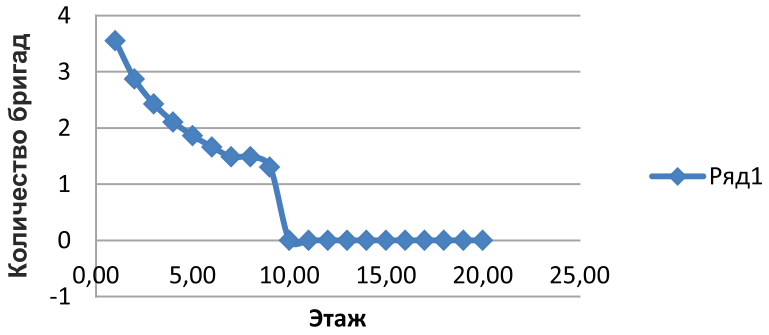


Рис. 1. Зависимость количества звеньев в бригаде от этажности здания при работе крана КБ-405

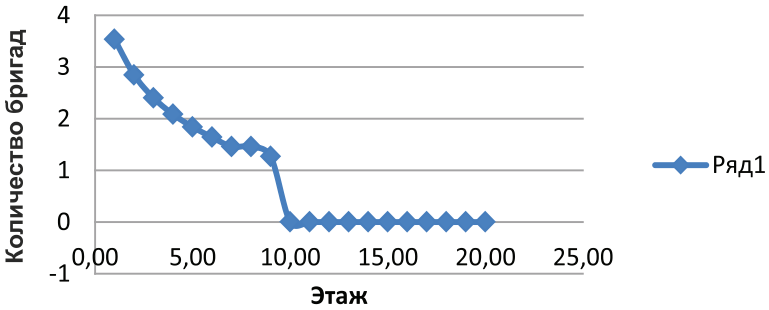


Рис. 2. Зависимость количества звеньев в бригаде от этажности здания при работе крана КБМ-401ПА

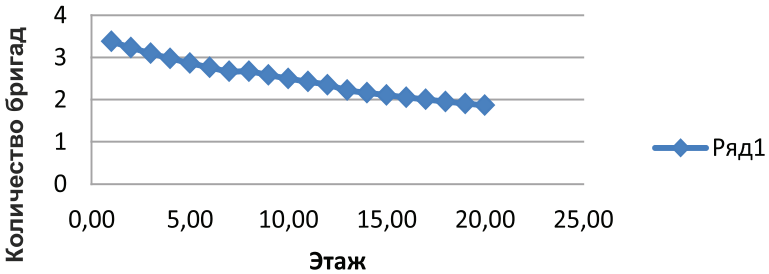


Рис. 3. Зависимость количества звеньев в бригаде от этажности здания при работе крана КБ-571Б

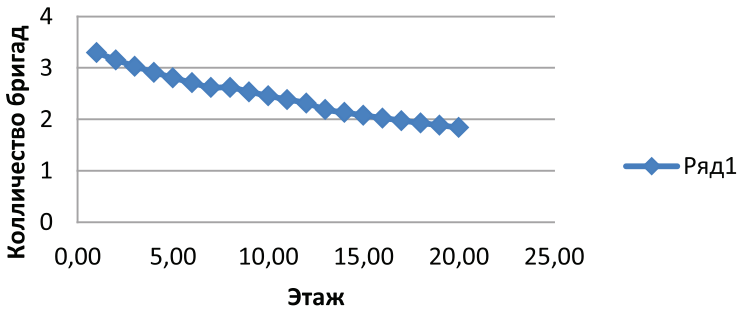


Рис. 4. Зависимость количества звеньев в бригаде от этажности здания при работе крана КБ-474

Таким образом, постановка и решение задачи оптимизации количества звеньев в строительной бригаде при панельном домостроении позволяет наиболее целесообразно организовать строительно-монтажные работы с максимальной эффективностью использования крана. Кроме того, в оптимальный алгоритм организации работ вносит изменения расположение противовеса башенного крана за счет различных скоростей перемещения грузов. Дальнейшие исследования могут быть связаны с уточнением существующих методик подбора башенных кранов и совершенствованием технологии монтажа панелей.

Список литературы

1. Прокопович А.А. Индустриальное каркасное и панельное домостроение / А.А. Прокопович, В.В. Репекто, В.А. Луконин // Строительные материалы. – 2011. – № 6. – С. 50–51.

2. Захаров А.В. Конструктивные решения крупнопанельных домов нового поколения / А.В. Захаров, М.П.Леонтьева // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 10. – С. 104–110.

3. Кулешов И.В. Постановка задачи оптимизации грузоподъемных операций в строительстве / И.В. Кулешов, А.М. Пищухин // Строительная наука – XXI век: теория, образование, практика, инновации Северо-Арктическому региону: сб. трудов VII междунар. науч.-техн. конф., посвященной 100-летию со дня рождения учёных СПбГАСУ (ЛИСИ) В.А. Лебедева, В.А. Трулля, Е.И. Светозаровой (28–30 июня 2016 г.) / под ред. Б.В. Лабудина. – Архангельск: Изд-во ООО «Агентство рекламы РАД», 2016. – 387 с.

4. Седых М.И. Загрузка автоматического стеллажного крана-штабелёра, определяемая имитационным моделированием работы склада участка ГПС / М.И. Седых // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 4–6. – С. 91–96.

5. Емельянова Г.А. О фактической загрузке грузоподъемных кранов объектов использования атомной энергии, необходимой для оценки их надежности и безопасности / Г.А. Емельянова, А.С. Липатов, В.С. Обломей // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2015. – № 7. – С. 40–44.

6. Кулешов И.В. Повышение эффективности и надёжности наземных крановых путей оптимизацией их геометрических параметров / И.В. Кулешов, С.В. Миронов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 4. – С. 173–178.

7. Лебедев В.Д. Режимы работы грузоподъемных кранов. Методика определения остаточного ресурса работы крана с учетом характера выполняемых работ / В.Д. Лебедев, Д.С. Воронцов // В сборнике: Наука XXI века. Проблемы академической мобильности исследователя и методологии исследования: материалы I Международной научно-практической конференции «Энергетика и энергоэффективность в условиях геостратегического развития и освоения Арктического региона». Под общей редакцией З.А. Демченко. – 2012. – С. 240–242.

УДК 004.853

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ «К-МЕДИА»

Минасов Ш.М., Тархов С.В.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, e-mail: minasov@ufanet.ru, tarkhov@inbox.ru

В статье описана система электронного обучения, отличающаяся от существующих оригинальным авторским подходом к декомпозиции и хранению учебного контента. В отличие от существующих методов, в которых учебный материал больше похож на «памятники» знаниям, данная технология позволяет специалистам поддерживать контент в актуальном состоянии, а обучаемым – иметь доступ к информации о современном состоянии науки и техники. Система ориентирована на применение в широких условиях технических возможностей, в том числе в условиях ограниченных скоростей доступа к системе, слабых технических характеристик пользовательских терминалов, обладает непритязательными требованиями к программному обеспечению обучаемого. При этом, будучи разработанной на базе свободного программного обеспечения с открытым исходным кодом, система позволяет модернизировать ее инструменты и использовать новые информационные технологии.

Ключевые слова: электронное обучение, структурирование данных, учебный контент, дополнительное профессиональное образование

E-LEARNING MANAGEMENT SYSTEM «K-MEDIA»

Minasov Sh.M., Tarkhov S.V.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: minasov@ufanet.ru, tarkhov@inbox.ru

The article describes about e-learning system, different from the existing by the original authors approach to the decomposition and storage of learning content. Unlike existing methods in which the teaching material is more similar to the «monuments» about knowledges, this technology enables professionals to maintain the content is up to date and allow to learner to have access to information about the current state of science and technology. The system is intended for use in a wide in terms of technical capabilities including in conditions of limited access speeds, system, weak technical characteristics of user terminals, has a modest software requirements of the student. The e-learning system, developed on free software with open source system allows you to upgrade it tools and use of new information technology.

Keywords: e-learning, structuring data, learning content, additional professional education

Современное общество не просто поощряет, но уже диктует применение электронных образовательных ресурсов [1] и дистанционные технологии обучения [2]. Современные образовательные технологии набирают все большую популярность у педагогического сообщества [3]. Система адаптивного управления обучением «К-МЕДИА», основанная на оригинальном авторском подходе к декомпозиции и организации хранения учебного контента, позволит профессиональному сообществу по-новому взглянуть на рутинную работу по обеспечению обучаемых образовательным контентом и исключить непроизводительные затраты на многократное копирование из пособия в пособие порой потерявших актуальность сведений и уделить больше внимания соответствию своих профессиональных навыков современному состоянию науки и техники [4].

Инструментальные средства разработки

Критериями для выбора программно-аппаратных средств реализации проекта были установлены:

– со стороны обучаемого: возможность взаимодействия с системой независимо от аппаратной или программной платформы ЭВМ; минимальные требования к производительности аппаратных средств на стороне клиента; отсутствие необходимости в приобретении лицензий на программное обеспечение сторонних производителей для доступа к учебному контенту; обеспечение доступа к актуальной информации в режиме реального времени по сети Интернет; минимальные требования к скорости передачи данных; режим коллективной работы в удаленных учебных классах; режимы индивидуальной и коллективной работы для удаленных обучаемых.

– со стороны учебного центра: открытость системы, поддержка международных стандартов; независимость серверной компоненты от аппаратной или программной платформы; масштабируемость производительности сервера по мере роста требований по количеству одновременно работающих пользователей; простота миграции серверной подсистемы на альтернативные платформы при потребности существенного повышения производительности оборудования.

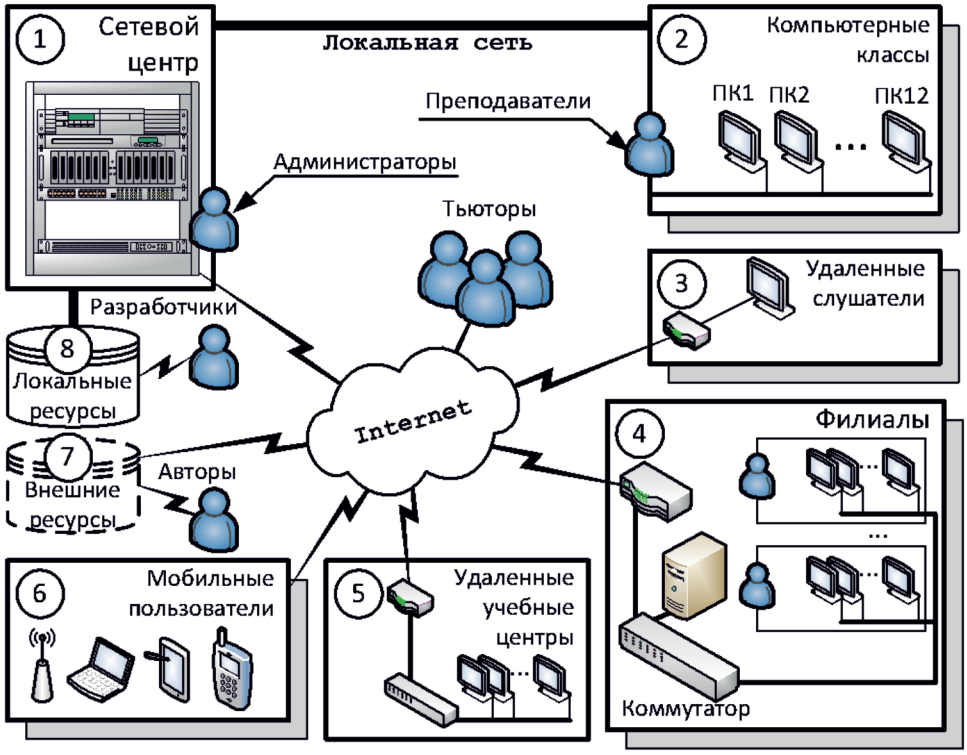


Рис. 1. Обобщенная схема распределенной СЭО

В результате проведенного анализа современных программных средств, возможностей аппаратных решений для организации сервера и анализа рынка хостинг-услуг выбор по-прежнему остановился на применении трех основных компонентов: веб-сервера Apache Httpd Server, интерпретатора PHP и системы управления базами данных MySQL.

Данные инструментальные программные средства являются кроссплатформенными и могут быть установлены на практические любые современные серверные операционные системы [5], при этом вероятность успешной миграции с одного хостинг-провайдера на другой зависит лишь от желания разработчика поддерживать самые современные версии указанных продуктов в разработках и нежелания хостинг-провайдера сталкиваться с проблемами при обновлении программного обеспечения на своих серверах.

Структура системы

Общая схема СЭО представлена на рис. 1. В центре (1) размещаются основные компоненты СЭО – серверы и сетевое оборудование, к которому подключены учебные компьютерные классы (2) и отдельные рабочие станции. Программное обеспечение позволяет: регистрировать пользователей, управлять их правами и доступом к учебному контенту; осуществлять общее руководство процессом обучения и мониторинг учебного процесса; разрабатывать новые и модифицировать имеющиеся учебные курсы; проводить обучение в компьютерных классах головного вуза, филиалах и удаленных учебных центрах; проводить обучение в филиалах как в сетевом, так и в автономном режиме доступа к учебным материалам; организовывать и проводить занятия для удаленных пользователей в режиме индивидуального и группового обучения. На базе филиалов образовательного учреждения создаются учебные пункты, имеющие компьютерные классы (4). Они оснащаются необходимым техническим и программным обеспечением и имеют связь по сети Интернет с центром обучения (1) либо кешируют контент в виде автономных учебных модулей с целью снижения трафика, передаваемого по внешним каналам связи.

Доступ к ресурсам СЭО преподаватели и студенты могут получать как с компьютеров вуза, работающих с системой по локальной сети, так и с персональных устройств

по сети Интернет. Удаленные слушатели могут проходить обучение в режиме индивидуального обучения, так и в режиме виртуальных классов. В первом случае процесс обучения больше ориентирован на самостоятельное обучение. Обучаемые имеют доступ к автономной информации в любое время суток, но, как правило, лишены возможности воспользоваться консультационной помощью преподавателя. Во втором случае время проведения занятий устанавливается по расписанию. Такие формы занятий проводятся совместно с преподавателями, которые обеспечивают студентам консультационную помощь.

описывающих учебные модули, а также данные, необходимые для обеспечения эффективного клиент-ориентированного подхода к обучению;

г) СУБД MySQL – обеспечивает эффективную обработку данных, основанную на аппарате реляционной алгебры;

д) сервер электронной почты – предназначен для автоматизированной рассылки документов пользователям системы как альтернативный канал связи;

е) систему серверных сценариев, отвечающих за генерацию соответствующих форм и документов, обеспечивающих функционирование системы;

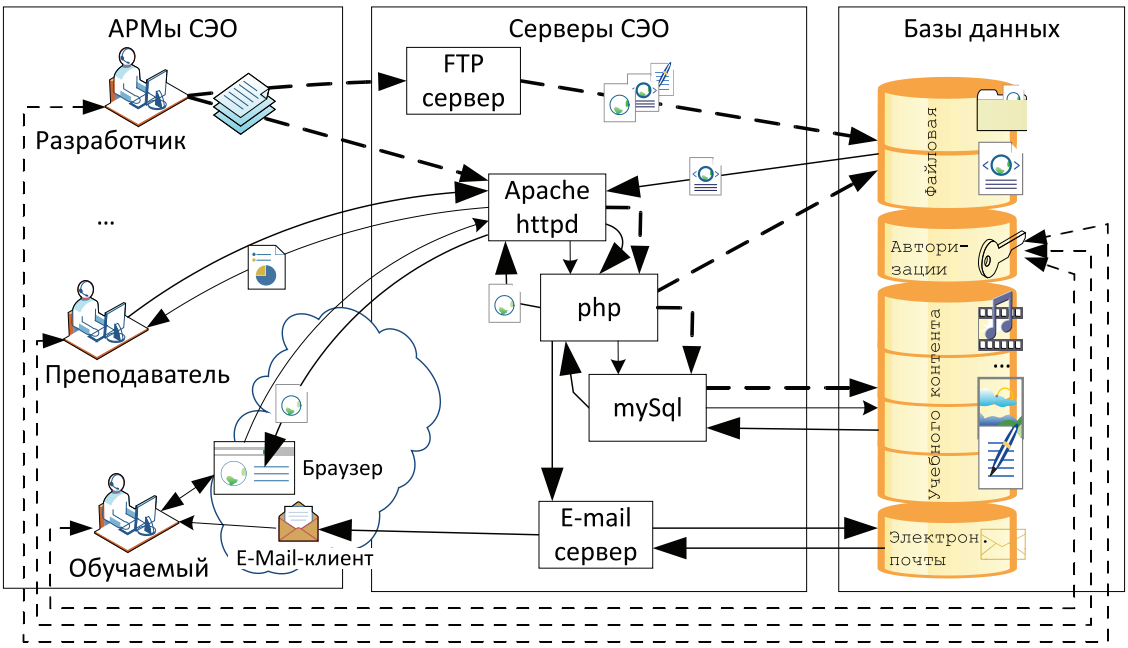


Рис. 2. Основные компоненты СЭО

Архитектура разработанной системы включает следующие основные компоненты (рис. 2):

а) Apache httpd-сервер – отвечает за доставку формируемого системой учебного контента обучаемым и другим участникам образовательного процесса;

б) FTP-сервер – позволяет выгружать в систему учебный контент, когда инструментальные средства самой системы менее эффективны или не представляются возможными; позволяет обучаемым получить простой и эффективный способ выгрузки результатов выполненных заданий, требующих изучения данной технологии;

в) базы данных – обеспечивают эффективное хранение когнитивной учебно-методической информации и метаданных,

ж) сервер авторизации – отвечает за регистрацию новых и управление существующими учетными записями пользователей.

Система (рис. 3) содержит автоматизированные рабочие места (АРМ) пользователей, в зависимости от выполняемых функций группируемые в функциональные подсистемы, такие как АРМ: «Обучаемый», «Преподаватель», «Разработчик» и др. Количество АРМов и их функции могут быть легко изменены за счет использования принципа открытой архитектуры, а внешний интерфейс системы легко настраивается за счет использования шаблонов и системы динамических фреймов. В СЭО реализована технология управления электронным обучением на основе адаптивной сборки учебного контента в процессе взаимодействия

с обучаемым. Автоматизированная сборка автономных учебных модулей осуществляется на основе шаблонов представления учебного контента. Для формализации процесса сборки, а также в целях повышения эффективности усвоения обучаемым автономный учебный курс собирается на основе шаблонов, определяющих способы компоновки и представления учебного контента.

Учебно-методический материал формируется системой в учебные модули из учебного контента хранимых в базе данных объектов или на основе дескрипторно-иерархической модели представления данных [6]. Содержание контента может быть сформировано на основе предварительного тестирования – то, что пользователю известно до начала обучения, будет подаваться в свернутом виде. Доступ к этой информации может быть легко получен при необходимости. Формализация учебных заданий на базе применения объектной или дескрипторно-иерархической модели позволит реализовать описанную в работе [7] оценку компетенций студентов при выполнении ими курсовых работ и реферативно-практических заданий.

В зависимости от условий взаимодействия обучаемого с системой: режима работы, характера подключения к интернету, скорости подключения, размера экрана – контент генерируется в виде автономного учебного модуля для работы без подключения к интернету (максимальный объем), либо подается постранично с предварительной загрузкой учебного курса с подгрузкой дополнительной информации по мере необходимости, либо в пошаговом режиме (требуется постоянное подключение к интернету в процессе изучения материала) [8].

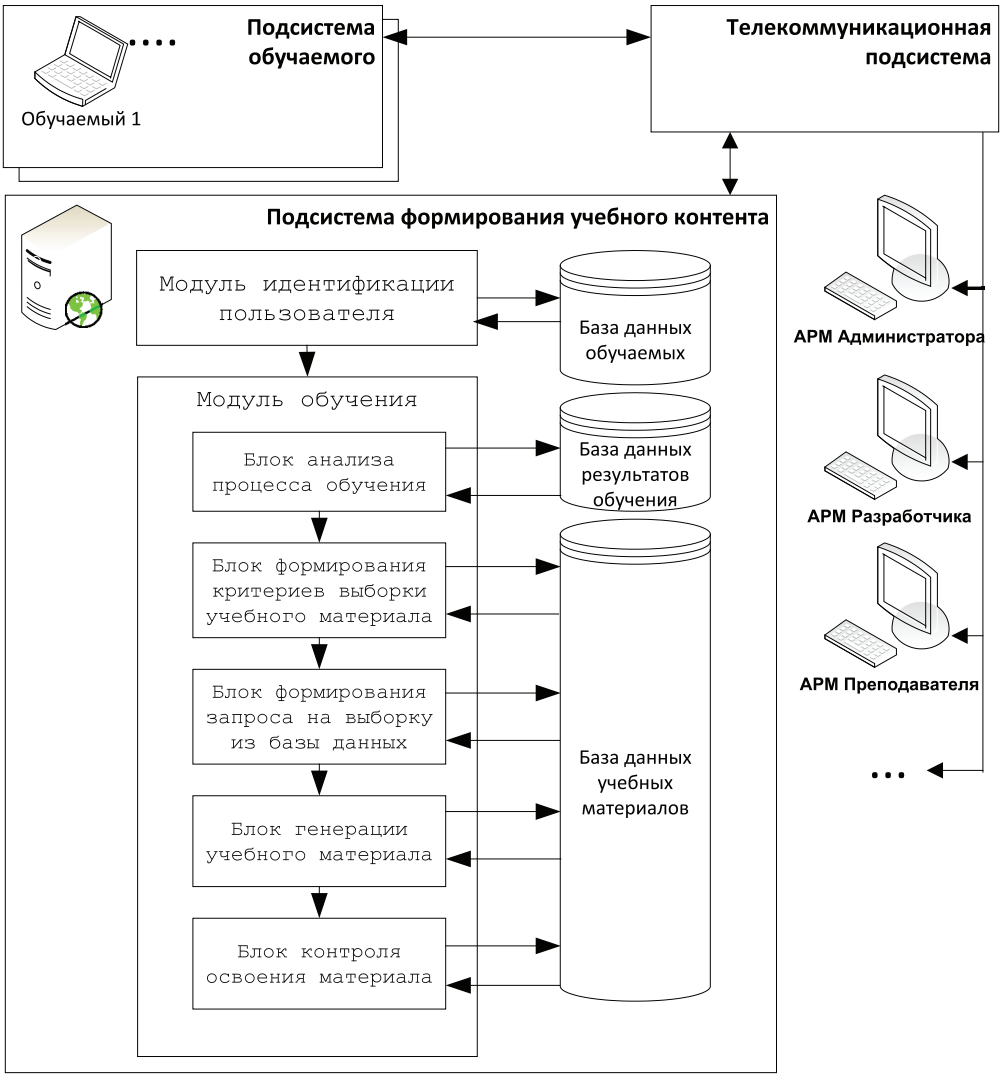


Рис. 3. Структура программно-аппаратного комплекса СЭО

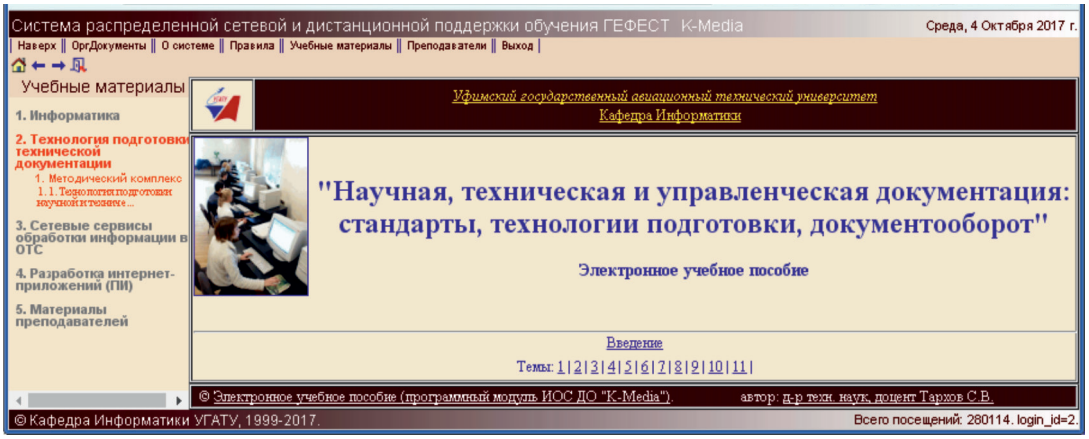


Рис. 4. Экранная форма реализованного проекта

Программная реализация

Главное рабочее окно системы состоит из десяти основных элементов. Элементы, показанные на рис. 4, являются обязательными. К ним относятся: строка-заголовок, строка главного меню, панель инструментов, контекстное меню, основное окно, строка состояния. Содержание элементов динамически меняется в зависимости от контента и текущего состояния разработки, например контекстное меню учебного курса зависит от состава курса, а состав главного меню и панели инструментов зависит от категории пользователя. Так как система является открытой, по мере необходимости в главное меню и панель инструментов могут добавляться новые функции и инструменты. Отключаемые элементы системы: окно со списком пользователей, находящихся онлайн, окно сообщений, форма для ввода сообщений. Десятый элемент виден только в отладочном режиме. Он отвечает за анализ изменений в системе, ведет учет нахождения пользователей в сети онлайн, обновляет информацию в других окнах по мере необходимости.

К достоинствам реализации следует отнести возможность работы пользователей с использованием «старых» браузеров: клиентская подсистема функционирует в любом браузере. Никаких специальных требований к поддержке современных HTML-5 технологий нет. Пользователь может получить доступ к системе с помощью любого мобильного браузера, поддерживающего технологию фреймов и обеспечивающего минимальную поддержку языка клиентских сценариев JavaScript по обработке типовых событий управления. Серверная компонента работает под управлением операционной системы, начиная с версии Windows 2003 сервер, и используется в учебном процессе на кафедре информатики УГАТУ. На данный момент в системе зарегистрировано свыше 10 000 учетных записей. Несмотря на скромные характеристики сервера на базе двухъядерного процессора Intel Pentium 4D с тактовой частотой 2,4 ГГц и объемом оперативной памяти 1 ГБ, работающего под управлением операционной системы Windows 2003, система успешно используется в учебном процессе с одновременной работой до четырех компьютерных классов локальной сети и до 10 классов на удаленных филиалах.

В настоящее время проведена успешная тестовая миграция серверной части системы на виртуальный сервер Windows 2012, функционирующий на суперкомпьютере УГАТУ. Сам суперкомпьютер функционирует под управлением специализированной версии OS Linux, оптимизированной для работы на суперкомпьютерном оборудовании.

Работоспособность функционала клиентской части системы проверена с использованием 7 планшетов Digma и Lexand, а также различных моделей современных смартфонов на базе операционных систем android, windows и iOS. Некоторые сложности в работе СЭО были с видеоконтентом, отображение которого не поддерживалось пользовательскими устройствами из-за отсутствия соответствующих видеокодеков. Однако решение этой проблемы не затрагивает саму СЭО и решается путем преобразования формата записи такого контента.

Заключение

Рассмотрены результаты реализации системы электронного обучения, построенной на новых принципах декомпозиции и алгоритмах адаптивной сборки учебного

контента, ориентированного на индивидуальные особенности обучаемого. Отличительной особенностью системы является возможность поддержания контента в актуальном состоянии, адекватном текущему уровню развития науки и техники при минимальных затратах на модернизацию содержания учебных модулей. Разработанное программное обеспечение адаптировано под минимальные требования к программно-аппаратным ресурсам как на стороне сервера, так и со стороны обучаемого. Построенное на свободном программном обеспечении с открытым исходным кодом, решение является открытым и позволяет проводить модернизацию существующих и добавление новых инструментов по мере развития информационных технологий.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-07-02393.

Список литературы

1. Цифровая экономика. Российской Федерации // Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации». URL: http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf.

2. Романов Е.В., Дроздова Т.В. Дистанционное обучение: необходимые и достаточные условия эффективной реализации // Современное образование. – 2017. – № 1. – С. 172–195.

3. Современные образовательные технологии: монография. Книга 6 / В.А. Багина, О.А. Боровкова, О.В. Гулеева и др. – Новосибирск: Изд-во ЦРНС, 2017. – 186 с.

4. Кабальнов Ю.С., Григорьев А.И., Минасов Ш.М. Модели и алгоритмы формирования контента виртуального пространства знаний систем электронного обучения // Вестник УГАТУ. Научный журнал Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2009. – Т. 13, № 2. – С. 109–118.

5. Якимов А.С., Баженов Р.И. Настройка веб-сервера в связке с MYSQL и PHP7 на UBUNTU 16.04 // Постулат. – 2017. – № 1 (15). – С. 45.

6. Минасова Н.С. Организация информационного контента в системе управления персоналом // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. URL: http://www.science-education.ru/pdf/2014/2/706.pdf (дата обращения: 10.09.2017).

7. Баженов Р.И. Оценка компетенций у будущих бакалавров направления «Информационные системы и технологии» // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2016. – № 2 (5). – С. 10. URL: https://elibrary.ru/full_text.asp?id=27212029 (дата обращения: 18.10.2017).

8. Минасов Ш.М., Минасова Н.С., Тархов С.В., Тархова Л.М. Модели представления, организации хранения и обработки учебного контента в системах электронного обучения // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4–3. – С. 523–528.

УДК 004.81/.032.26

МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ТЕКСТОВЫХ КОММЕНТАРИЕВ НА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ АУДИТОРИИ ИНТЕРНЕТ-СМИ

Монахов Ю.М., Маков Е.О.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: unklefck@gmail.com

В данной статье рассматриваются методы автоматического определения эмоциональной составляющей текста или его тональности. Изложен алгоритм работы системы для комментариев материалов интернет-СМИ на русском языке, в основе которого лежит анализ психоэмоциональных показателей и машинная синестезия. В работе впервые предложен метод определения тональности, основанный на выделении психоэмоциональной структуры текста комментария. В основе данного метода лежат самоорганизующиеся карты Кохонена, которые обеспечивают выявление скрытых и кластеризацию известных признаков объекта методом неконтролируемого обучения. Для преобразования многомерного пространства входов нейронов сети используется метод сжатия без потери информативности – неотрицательная матричная факторизация (NMF). Конечным этапом преобразований является получение изображения с целью выявления тональности исходного текста, для классификации используется метод опорных векторов с нелинейным ядром.

Ключевые слова: Интернет-СМИ, информационно-психологическое воздействие, эмоции, тональность, метод определения тональности, психоэмоциональный дифференциал, машинная синестезия

A MODEL OF INFLUENCE OF TEXT COMMENTS ON THE PSYCHO-EMOTIONAL STATE OF ONLINE MEDIA AUDIENCE

Monakhov Yu.M., Makov E.O.

Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletovs, Vladimir, e-mail: unklefck@gmail.com

This article concerns the methods of automatically determining the emotional component in the text and describes the algorithm of the system for text comments of online media in the Russian language, which is based on emotional differentials and engine synesthesia. This work first proposes the method of determining the tone, based on allocation of psycho-emotional structure of text comment. The basis of this method is self-organizing Kohonen's map, which provides identification of concealed features and known features clustering of the object by the method of unsupervised learning. To convert the multidimensional space of inputs of processing elements is used the method of compression without information loss – non-negative matrix factorization (NMF). The final stage of the transformation is getting an image to determine the tone of the source text, for classification support vectors machine with nonlinear kernel is used.

Keywords: online media, information and psychological effects, emotions, the tone, the method of determining the tone, the emotional differential, engine synesthesia

В настоящее время растет количество ресурсов, в которых пользователи интернета могут получать новости и свободно высказывать свое мнение о них. В связи с этим существует и продолжает расширяться спектр атак на информационно-психологическую безопасность личности человека. Защита человека от психологического воздействия является актуальной проблемой, так как методы, используемые для изменения состояния информационной среды и условий жизнедеятельности, способствуют нарушению ценностей, адаптивности функционирования и развития. Через комментарии к статьям СМИ можно воздействовать на объект посредством написания негативных сообщений, которые отрицательно влияют на психологическое и эмоциональное состояние человека [3].

Исходя из вышесказанного, цель работы определена как разработка модели влияния текстовых комментариев на психоэмоциональное состояние аудитории интернет-СМИ.

В соответствии с целью мы определили объект и предмет исследования. Объектом данного исследования являются интернет-СМИ, а предметом исследования – методы автоматизированной оценки психоэмоциональной тональности и классификация комментариев источника аудитории СМИ.

В работе под определением Интернет-СМИ мы будем рассматривать множество сайтов в информационно-телекоммуникационной сети Интернет, деятельность которых связана с периодическим распространением массовой информации под постоянным наименованием (названием).

Исходя из определения, интернет-ресурсы могут быть причислены к профессиональной журналистике, если целевые функции отвечают требованиям, предъявля-

емым выборными демократиями к прессе, которая должна информировать граждан, а также способствовать их свободам и самоуправлению. Интернет-СМИ описываются с помощью формулы Лассуэлла по пяти главным классификационным признакам: канал, аудитория, коммуникатор, контент, эффекты [7, 8].

Для дальнейшей классификации медийного поля интернета были взяты следующие типы ресурсов:

– индексирующие и классифицирующие информацию по категориям (index and category sites) – Yahoo!;

– информационные агентства (mainstream news sites) – CNN, BBC, MSNBC, Интерфакс, ИТАР-ТАСС, РИА «Новости» и др.;

– метамедийные сайты (meta and comment sites) – это ресурсы экспертного характера, посвященные исключительно СМИ и журналистике;

– сайты, предназначенные для обмена информацией и для дискуссий (share and discussion sites) [2].

Существующие методы

В последние годы ведется много исследований в области определения тональности текстов. Данные разбиваются на две категории (положительные и отрицательные), либо на три (положительные, отрицательные и нейтральные). Много работ посвящено тоновой классификации комментариев на продукты и фильм, анализу блогов и новостей. Были исследованы длинные тексты, принадлежащие некоторой заранее определенной предметной области. Для исследований разрабатывались тренировочные корпусы текстов, обладающие следующими параметрами:

– корпуса отзывов с вручную проставленными потребителями оценками;

– узкотематические корпуса отзывов;

– корпуса общезначимых новостей.

В статье [6] авторы разработали систему определения тональности с помощью глубокого сантимент-анализа, на основе лингвистического анализа текста на естественном языке. Как показывают результаты, с помощью этого метода можно достичь достаточно высокой точности на текстах новости СМИ. Но одной из причин ошибок является ограниченность используемого эмотивного пространства: часть лексики не попадает в пространство хорошо-плохо. Разграничение текста только на негативный и позитивный при разметке словаря сужает способы обработки данных и не решает вопрос, который лежит в области понимания и восприятия информации мозгом человека.

В работах [4, 5] авторы получили результаты для ДСМ-метода решения задачи определения тональности и сравнили его с результатами частотного классификатора и с методом опорных векторов. Результаты, полученные на тестовой коллекции с использованием ДСМ-метода, лучше результатов базового классификатора, на 4% лучше результатов SVM-классификатора без подбора оптимального числа характеристик.

Промышленные системы автоматической обработки текста используют следующую схему обработки текстов, состоящую из трех этапов:

– морфологический анализ (определение морфологических характеристик каждого слова – часть речи, падеж, склонение, спряжение и т.д.) и морфемный анализ (приставка, корень, суффикс и окончание);

– синтаксический анализ;

– задачи семантического анализа (поиск фрагментов, формализация, реферирование и т.д.).

Разработка модели

В настоящее время разработано немалое количество различных методов, используемых для решения сходных задач. Ниже мы рассмотрим некоторые методы и их адаптацию к данной работе.

Поиск по неоднородным данным со сложной признаковой структурой может проводиться различными методами. Наиболее часто используемым является мера информативности термина. TF-IDF – статистическая мера, используемая для оценки важности слова в контексте документа, являющегося частью коллекции документов или корпуса. Вес некоторого слова пропорционален количеству употребления этого слова в документе и обратно пропорционален частоте употребления слова в других документах коллекции.

Мера TF-IDF часто используется в задачах анализа текстов и информационного поиска, например, как один из критериев релевантности документа поисковому запросу, при расчёте меры близости документов при кластеризации [12, 15].

TF – частота слова. Оценивается важность слова в пределах отдельного документа.

$$tf(t,d) = n_{t/\sum_k n_k}, \quad (1)$$

где n_t есть число вхождений слова в документ, а в знаменателе – общее число слов в данном документе.

IDF – обратная частота документа. Обратное значение частоты, с которой слово встречается в корпусе документов. Учёт IDF понижает вес часто употребляемых слов.

$$idf\left(t,D\right)=\log\left(\frac{|D|}{|\{d_i\in D|t\in d_i\}|}\right), \quad (2)$$

где $|D|$ – количество документов в корпусе, $|\{d_i \in D|t\in d_i\}|$ – количество документов, в которых встречается термин t [13, 16].

Методы, основанные на модели векторного пространства, используют формируемый заранее вектор признаков документа, включающий в себя список наиболее значимых терминов. Дальнейшее сравнение документов проводится путем оценки сходства между полученными векторами с использованием меры косинусного сходства. Косинусное сходство – это метод, основанный на модели векторного пространства, который использует формируемый заранее вектор признаков документа, включающий в себя список наиболее значимых терм, где сравнение документов проводится путем оценки сходства между полученными векторами с использованием измерения косинуса угла между ними [11].

Если даны два вектора признаков, A и B, то косинусное сходство может быть представлено, используя скалярное произведение и норму.

$$\cos\left(x,y\right)=\frac{|xy|}{\sqrt{|x|*|y|}}. \quad (3)$$

Для задачи кластеризации данных и выделения новых признаков объекта были взяты карты Кохонена. Самоорганизующиеся карты – это тип нейронных сетей, которые используют неконтролируемое обучение. Обучающее множество таких моделей состоит из значений входных переменных, в процессе обучения нет сравнивания выходов нейронов с эталонными значениями. Такая сеть способна понимать структуру данных [10, 14].

Приложения, основанные на снижении размерности данных, используют метод факторизации, который позволяет найти компактный способ описания данных, сохраняющий большую часть содержащейся в них информации. Использование низкоразмерных представлений позволяет экономить вычислительные ресурсы и уменьшить число операций в случаях, когда оно зависит от размерности данных. Одним из таких методов факторизации матриц являются неотрицательные матричные разложения.

Задача неотрицательного матричного разложения (NMF) ставится как оптимизационная: необходимо найти неотрицательные факторы, доставляющие минимум некоторому функционалу потерь. Выбор данной функции оказывает большое влияние на получаемое решение. В разных прикладных областях для построения неотрицательного матричного разложения используются разные функции потерь: в тематическом моделировании используется дивергенция Кульбака-Лейблера, в биологических приложениях – норма Фробениуса, в анализе аудиозаписей – дивергенция Итакуры – Сайто, в некоторых задачах машинного зрения – метрика EMD [9].

Подход к решению

Вместо традиционных методов определения тональности текста, таких как классификация векторов семантических дифференциалов или ДСМ-метод, в нашем подходе используется многоэтапное преобразование данных, основанное на психоэмоциональных показателях, с их дальнейшей классификацией.

Мы выделили четыре стадии преобразования данных (рисунок):

– выделение слов из комментария и их лемматизация;

– вычисление для каждого уникального слова вектора эмоциональных показателей tf-idf;

– инициализация самоорганизующейся карты кохонена и ее обучение на полученных из предыдущего этапа векторов;

– снижение размерности весовых показателей синапсов самоорганизующейся карты неотрицательным матричным разложением до двухмерного представления.

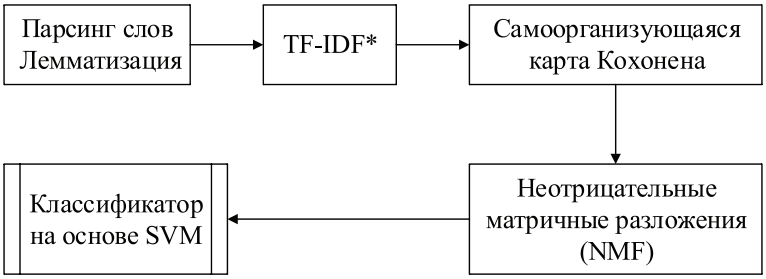


Схема преобразования данных

Начальным этапом преобразования данных является выделение слов из текста, где каждое слово будет преобразовано в нормальную форму.

В данной работе мы учитываем эмоциональную окраску каждого слова с целью определения психоэмоциональной значимости относительно окраски корпуса текстов. В результате была произведена корректировка формулы вычисления TF-ID. Каждому слову в словаре будет назначаться 11-мерный вектор, где каждый его элемент, характеризует одну из базовых эмоций: Удивление, Печаль, Гнев, Отвращение, Презрение, Горе-страдание, Стыд, Интересволнение, Вина, Смущение, Радость (классификация эмоций по К. Изарду [1]).

После дополнений формулы, она приобрела следующий вид:

$$tf - idf = tf * idf, \quad (4)$$

где множители принимают следующий вид:

$$tf(t,e,d) = \frac{k * t_e}{10 * n}, \quad (5)$$

где k – количество раз использования термина в тексте d, t_e – коэффициент e-ой эмоции термина t, n – количество слов в документе.

$$idf(t,e,d,D) = log \frac{10 * |D|}{\sum_{t \in d \mid d \in D} d_e}, \quad (6)$$

где t – термин, e – номер эмоции, d – текст, D – корпус исследуемых текстов, $\sum_{t \in d \mid d \in D} d_e$ – сумма e-ых эмоциональных коэффициентов всех текстов, которые содержат термин t.

Механизм машинной синестезии изображения с целью выявления скрытых эмоциональных характеристик слов предлагаем основывать на картах Кохонена. В начале инициализируем нейронную сеть с весовыми коэффициентами равными обратным значениям коэффициентов сети, обученной на всем эталонном корпусе слов. Обратное значение вычисляется как $1\text{-}w_{ij}$, где w_{ij} – вес i-го нейрона j-го синапса. Далее на вход сети поочередно поступают психоэмоциональные вектора слов, содержащихся в тексте. Результатом данного этапа является кластеризация данных в многомерном пространстве по показателям признаков.

Далее, полученное многомерное пространство будет сжато NMF методом. Оптимальность функции потерь в конкретной прикладной задаче зависит от структуры шума, содержащегося в данных. В данном исследовании была использована норма Фробениуса, для преобразования данных синаптических весов нейронной сети в двухмерное изображение.

Итогом работы алгоритма является преобразование изображения в n-мерный вектор, где $n = h*d$, h – высота изображения, d – ширина изображения, который подается на вход классификатору. Классификатор основан на методе опорных векторов, ядро представлено сигмоидальной функцией. Классификатор обучается на размеченной эталонной выборке текстов, которые были получены путем социально-психологического опроса. Тексты разделены на три класса: негативные, нейтральные и позитивные.

Выводы

Практическая значимость исследования заключается прежде всего в создании методики психоэмоциональной оценки текстовых сообщений, автоматизация которой в дальнейшем позволит включить её в качестве модуля в состав автоматизированной системы фильтрации пропагандистских, агитационных, рекламных и прочих материалов, вызывающих негативное психоэмоциональное воздействие на личность человека. Это позволит сократить время обработки процедуры анализа, сократить количество экспертов, работающих на данном этапе процедуры, а также значительно повысить объёмы анализируемой информации. И таким образом, общий процент фильтрации сообщений, не удовлетворяющих требованиям пользователя, будет повышаться.

Список литературы

1. Изард К. Эмоции человека. – М.: Директ-Медиа, 2008. – 954 с.

2. Интернет СМИ: Теория и практика: Учеб. пособие для студентов вузов / И73 Под ред. М.М. Лукиной. – М.: Аспект Пресс, 2010. – 348 с.

3. Кабаченко Т.С. Методы психологического воздействия. Учебное пособие. – М.: Пед. общ. России, 2000. – 544 с.

4. Клековкина М.В., Котельников Е.В. Метод автоматической классификации текстов по тональности, основанный на словаре эмоциональной лексики // Труды XIV Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». – 2012. – С. 118–123.

5. Котельников Е.В. Опыт применения ДСМ-метода для определения тональности текста // Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2012 (16–20 октября 2012 г., г. Белгород, Россия): Труды конференции. Т. 1. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 377 с.

6. Пазельская А.Г., Соловьев А.Н. Метод определения эмоций в текстах на русском языке // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: По материалам ежегодной Международной конференции «Диалог» (Бекасово, 25–29 мая 2011 г.). – М.: Изд-во РГГУ. – 2011. – № 10. – С. 17.

7. Подставко Е.Н. Классификации сетевых изданий Рунета // Научные ведомости БелГУ. Серия: Гуманитарные науки. – 2011. – № 6 (101). – С. 264–269.

8. Сюндюков Н.К. Интернет-СМИ и особенности их функционирования // Управленческое консультирование. – 2014. – № 12 (72). – С. 180–191.

9. Рябенко Е.А. Мультипликативный метод неотрицательного матричного разложения с АБ-дивергенцией и его сходимость // Машинное обучение и анализ данных. – 2014. – Т. 1, № 7. – С. 800–816.

10. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. – М.: Издательский дом Вильямс, 2008 – С. 1104.

11. Чубукова И.А. Data Mining. – 2008. – 326 с.

12. Chum O. et al. Near Duplicate Image Detection: min-Hash and tf-idf Weighting // BMVC. – 2008. – Т. 810. – P. 812–815.

13. Joachims T. A Probabilistic Analysis of the Rocchio Algorithm with TFIDF for Text Categorization. – Carnegie-mellon univ pittsburgh pa dept of computer science, 1996. – № CMU-CS-96-118.

14. Kohonen T. Self-Organizing Maps (Third Extended Edition). – New York, 2001. – 501 p.

15. Ramos J. et al. Using tf-idf to determine word relevance in document queries // Proceedings of the first instructional conference on machine learning. – 2003. – Т. 242. – P. 133–142.

16. Zhang W., Yoshida T., Tang X. A comparative study of TF* IDF, LSI and multi-words for text classification // Expert Systems with Applications. – 2011. – Т. 38, № 3. – P. 2758–2765.

УДК 004.94:62

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ИНФРАСТРУКТУРЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ноженкова Л.Ф., Исаева О.С., Марков А.А.

Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, e-mail: expert@icm.krasn.ru

Темой исследования, представленного в работе, является реализация технологии повторного использования имитационных моделей в инфраструктуре имитационного моделирования. Выполнен обзор методов и стандартов, поддерживающих технологии переносимости моделей. В качестве базового выбран стандарт Европейского космического агентства Simulation model portability (SMP2). Он позволяет объединять модели различных производителей в единый комплекс. Разработан оригинальный метод проблемно-ориентированной интеграции моделей. Метод заключается в дополнении SMP2-моделей структурно-параметрическим и функциональным описанием, формирующим семантический уровень представления объекта моделирования. Реализация метода позволяет решать задачи совместимости и взаимодействия моделей в предметно-ориентированной инфраструктуре имитационного моделирования, предназначенной для работы специалистов – конструкторов бортовой аппаратуры космических аппаратов. Дополнение структуры модели семантическими конструкциями в терминах предметной области позволяет легко разбираться в устройстве как создаваемых конструктором собственных моделей, так и моделей, созданных другими специалистами, а также представлять моделируемое оборудование в целом.

Ключевые слова: космический аппарат, бортовая аппаратура, имитационное моделирование, технология переносимости имитационных моделей (SOMR), стандарт Simulation model portability (SMP2)

IMPLEMENTATION OF THE SIMULATION-ORIENTED MODEL REUSE TECHNOLOGY IN THE MODELING INFRASTRUCTURE

Nozhenkova L.F., Isaeva O.S., Markov A.A.

Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, e-mail: expert@icm.krasn.ru

The subject of the research presented in the paper is the implementation of the simulation-oriented model reuse technology in the simulation infrastructure. A review of methods and standards supporting the technology of simulation-oriented model reuse is provided. The Simulation model portability standard (SMP2) of the European Space Agency was chosen as the base. It allows you to unite different manufacturer's models in complex. We suggest an original method of problem-oriented integration of models. The method consists in adding to the SMP-models structural-parametric and functional description creating a semantic level of presentation of a modeled object. Implementation of this method allows to solve the tasks of compatibility and interoperability of the SMP-models in the problem-oriented infrastructure of simulation modeling. The infrastructure is designed for the work of spacecraft onboard equipment designers. Adding the structure of the model to the semantic constructions in terms of the subject area makes it easy to understand the device, both those created by the designer of own models, and models created by other specialists, and also to represent the simulated equipment as a whole.

Keywords: spacecraft, onboard equipment, simulation modeling, technology of simulation-oriented model reuse, standard simulation model portability (SMP2)

В мировой практике научных исследований всё большую популярность набирают технологии повторного использования имитационных моделей (Simulation-oriented model reuse, SOMR) [1]. Они позволяют обеспечивать переносимость моделей различных производителей, повторно использовать существующие модели, эффективно решать вопросы их взаимодействия в крупных комплексных проектах. Интерес к технологии SOMR неуклонно растет в связи с развитием систем моделирования, ростом количества имитационных моделей и расширением требований к имитационным системам. На сегодняшний день современные имитационные системы содержат различные возможности моделирования, графические оболочки для конструирования моделей, визуализации имитационных экспериментов и интерпретации выходных результатов. Исследователи хотят в полной мере использовать существующие системы имитации и ресурсы имитационной модели и при этом иметь возможность строить модели для удовлетворения потребностей различных приложений. Это возможно, если используемые ими системы моделирования поддерживают технологию повторного использования моделей. Комплексная модель обычно состоит из большого числа разнородных компонентных моделей. Чем сложнее моделируемая система, тем сложнее ее модель. Гетерогенность комплексной модели отражается в гетерогенности методов и инструментов моделирования. Если эти модели можно будет правильно и эффективно использовать, это значительно сократит затраты на разработку модели и умень-

шит сроки реализации и повысит качество готовых решений.

Процесс повторного использования имитационных моделей предполагает два актуальных направления исследований. С одной стороны, построение или модификация существующих моделей для повторного использования. С другой стороны, создание среды моделирования для поддержки данной технологии. Как правило, технологии повторного использования поддерживаются специальными стандартами или сводами правил, которые определяют универсальные подходы к организации программных имитаторов, обеспечивают использование имитационных моделей и их переносимость между средами моделирования.

Авторы в своей работе провели исследование существующих подходов к организации программных систем с технологией повторного использования, реализовали программное обеспечение и разработали метод интеграции имитационных моделей [2]. Разработанные программные решения предназначены для обеспечения комплексной поддержки конструирования бортовой аппаратуры космических систем. Бортовое оборудование имеет собственную логику функционирования, состоит из подсистем различного назначения и, как правило, изготавливается различными производителями. Экономически эффективно проектировать и исследовать взаимодействие таких составных устройств не на готовых образцах, а на компьютерных имитационных моделях. В этой связи актуальным является создание программных инструментов, позволяющих строить собственные имитационные модели, а также интегрировать сторонние модели в комплексное решение [3].

Выбор технологии повторного использования

Существуют некоторые классические методы и технологии, которые можно отнести к SOMR. В работах [1, 4] проведен широкий обзор методов, позволяющих реализовывать повторное использование имитационных моделей. Например, технология Meta Model, Model Engineering, базовая объектная модель (BOM), стандарты (SMP / SMP2, HLA, DIS и др.), специализированные языки моделирования (Modelica и др.), общие языки моделирования (UML, SMDL, XML, SRML и др.), технологии моделирования на основе онтологии, среды моделирования, ориентированные на повторное использование (COTS, Simulink и др.), технологии Semantic Web Service и многие другие.

Технология Meta Model представляет собой способ абстрактного моделирования. Она содержит инструменты создания интерактивной структурной модели на основе архитектуры компонентов для взаимодействия с пользовательскими интерфейсами. Подход применялся для оценки стихийных бедствий [5]. Технология Model Engineering предназначена для решения проблем типовой неоднородности. Она решает вопросы поддержки полного жизненного цикла моделей с минимальными затратами и позволяет динамически изменять модели, постоянно совершенствуя и внося новые элементы. Технология реализует язык описания и построения моделей. В ее состав входят инженерные модели и среда, выполняющая моделирование [6].

Универсальные языки разметки также могут обеспечивать технологии повторного использования. Например, XML позволяет создавать открытые, стандартизированные форматы данных, служит для межплатформенного анализа, поддержки вычислений и обмена результатами [7]. Кроме того он может использоваться в качестве основы для файлов, в которых хранится имитационная модель. Это дает преимущества стандартизованного доступа к данным, облегчает добавление новых возможностей и плагинов, создает условия для интеграции. Основанный на XML язык SRML предоставляет средства для описания поведения данных. SRML на равных работает как с программной логикой, так и с данными.

Кроме того, для реализации технологии повторного использования имитационных моделей существует целый ряд стандартов, определяющих правила построения систем имитационного моделирования. Стандарт High Level Architecture (HLA) [4] определяет архитектуру распределенных систем имитационного моделирования. Первоначально он разрабатывался для потребностей военной отрасли. HLA предоставляет метод объединения нескольких автономных имитационных моделей в одну распределенную имитационную систему и обеспечивает высочайший уровень взаимодействия между имитационными моделями и их повторного использования. HLA представляет собой стандартное средство, используя которое отдельные имитационные модели могут взаимодействовать между собой через общий документ FOM (Federation Object Model), в котором описываются все типы информации, которой они обмениваются [7]. Еще один стандарт, предназначенный для военных целей – Distributed Interactive Simulation (DIS). DIS – это открытый стандарт для сопровождения взаимодействия

моделей, существующих в режиме реального времени, на распределенных системах.

В космической отрасли базовым технологическим стандартом, определяющим правила построения систем имитационного моделирования, является стандарт Европейского космического агентства – Simulation Model Portability (текущая редакция SMP2) [8]. Программные среды, реализующие стандарт SMP2, называются Инфраструктуры имитационного моделирования (Simulation Infrastructures). В основе стандарта лежит метамодель, написанная на формальном языке Simulation Model Definition Language (SMDL) [9]. Стандарт SMP2 нашел широкое применение в задачах моделирования космических систем. На нем построены такие инфраструктуры, как SimSAT Европейского космического агентства [10], SimTG – Astrium Satellites [11], симулятор европейского центра управления полетами – SWARMSIM [12] и др. Разрабатываются и применяются программные комплексы, выполняющие автоматическую передачу моделей в SMP2-стандарт, например MOSAIC для MATLAB / Simulink [13]. Положительный опыт использования стандарта SMP в космическом приборостроении, представленный в открытой печати, показывает актуальность построения имитационных моделей на основе стандарта SMP2.

Авторами разрабатывается инфраструктура имитационного моделирования, основанная на стандарте SMP2. Заложенные в стандарте архитектурные требования к программному обеспечению дополнены методами информационно-графического и интеллектуального моделирования [14]. Предложен оригинальный метод интеграции моделей, который позволяет выполнять композицию различных моделей в комплексное решение.

Моделирование функционирования бортовой аппаратуры космических систем

Специализация разработчиков космического оборудования не позволяет им создавать целиком модели функционирования бортовой аппаратуры космических систем. Возникает необходимость в интеграции отдельных моделей, разработанных различными производителями, в единое решение. Полученная в результате интеграции комплексная модель должна обеспечивать исследование поведения моделируемого объекта в целом и влияния составных частей друг на друга, при этом она должна быть легко модифицируема и расширяема. В нашем случае задача усложняется тем, что не все модели могут быть выполнены по единой технологии. В некоторых случаях разработчикам бортовой аппаратуры предпочтительнее использовать специализированную среду Labview и строить модели в виде виртуальных инструментов. Другие модели могут быть реализованы на C++ и иметь дополнительное описание на SMDL, соответствующее стандарту SMP2. Кроме того, опыт создания имитационных моделей показал, что для моделирования поведения и взаимодействия объектов, там, где физические свойства модели оказываются не важны, предпочтительно использовать интеллектуальные методы представления знаний для описания функций модели. В нашей инфраструктуре имитационного моделирования в этом случае используются правила (condition-action rules). Правила представляют собой символьные конструкции вида «Если *A* то *B*», где левая часть *A* задает условие выполнения правила, а правая часть *B* – действия, осуществляющие изменение состояния модели. Такой подход получил широкое применение в различных системах проектирования и технического конструирования, он позволяет не только получать качественные решения, но и обмениваться знаниями между группами инженеров, имеющими большой опыт в различных аспектах решаемых задач. В нашем случае правила содержат множества входных воздействий: команды, импульсы, сигналы, запросы; множества воздействий внешней среды: изменение параметров функционирования, воздействия для моделирования нештатных ситуаций; множество наблюдаемых параметров и моменты времени наблюдения.

Для обеспечения взаимодействия разнородных имитационных моделей, реализованных по технологии SMP2, в виде виртуальных инструментов или правилами базы знаний и их повторного использования в инфраструктуре имитационного моделирования разработан метод проблемно-ориентированной интеграции. Описание модели на языке SMDL расширено семантическими конструкциями предметной области и базами знаний, определяющих логику работы моделей. Импорт моделей в инфраструктуру выполняется в два этапа.

На первом этапе загружаются объекты из SMDL-описания в соответствии со структурой классов, заданной в SMP2 [9]. Фрагмент построенного при загрузке дерева классов показан на рис. 1. Загрузка выполняется автоматически по всем структурам из SMDL-описания. Это позволяет избежать потерь сущностей и в полной мере использовать механизмы взаимодействия моделей, заложенные в стандарте SMP2.

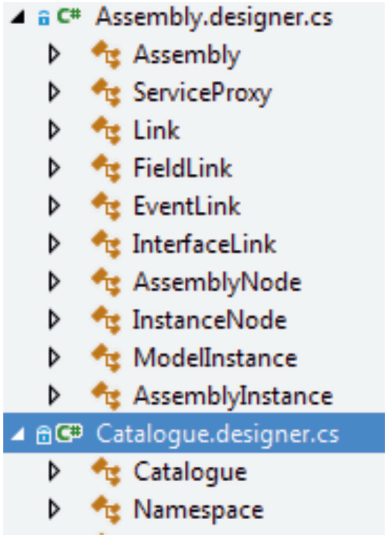


Рис. 1. Фрагмент дерева классов стандарта SMP

Как видно из рисунка, при загрузке создаются структуры каталога, пространства имен, конфигурации и другие. Вместе с моделью загружаются элементы моделирования: сборка и планировщик. Сборка в SMP2 описывает конфигурацию множества экземпляров моделей, определяет начальные значения для всех полей, экземпляры потомков, а также привязку интерфейсов на основе типов, событий или полей данных. Планировщик определяет, каким образом распланированы точки входа экземпляров моделей в сборках. В нем описываются последовательности вызовов моделей и методы перехода между состояниями имитационного моделирования. Описания структур и бинарные файлы, реализующие функции модели, сохраняются в базе данных.

На втором этапе созданные структуры модели дополняются структурно-параметрическим и функциональным описанием, формирующим семантический уровень представления объекта моделирования. Для выполнения этого этапа разработан мастер загрузки (рис. 2).

Окно мастера загрузки содержит область графического представления модели, панели задания функций модели и настройки параметров. Мастер позволяет выполнять детальную настройку параметров загружаемой модели, определять интерфейсы приема-передачи данных, типы данных и задавать обработчики событий моделирования. Для моделей, не имеющих собственного SMDL-описания, оно формируется программно на основе данных мастера загрузки. Если SMDL-описание было загружено, то мастер выполняет анализ дерева объектов и сопоставляет элементы дерева с объектами проблемно-ориентированной среды. Задание семантических конструкций выполняется программными инструментами информационно-графического моделирования. Они позволяют дополнять модели структурами команд и телеметрии, определять интерфейсы приема-передачи данных, а также задавать коммутационные соединения и направления информационного взаимодействия.

Приведение различных типов моделей к единым компонентам среды моделирования позволяет конструктору бортовой аппаратуры строить имитационные модели, применяя различные варианты реализации подмоделей. Вне зависимости от того, реализованы ли функции модели на специализированном языке программирования или описаны в виде правил, пользователь будет оперировать ими одинаково. Различия реализаций для него будут видны только в виде пиктограмм элементов графической модели. Это позволяет использовать заданные в стандарте методы для выполнения имитационного моделирования: хранитель времени (Time Keeper), планировщик (Scheduler), система логирования (Logger), менеджер событий (Event Manager), реестр ссылок (Link Registry), система вызова моделей (Resolver) [8]. При выполнении имитационного моделирования каждая модель выполняет заложенные в нее алгоритмы и взаимодействует с другими моделями посредством подписок на выходные данные других моделей. Подписки реализуются на основании построенного информационно-графического описания.

Заключение

Интеграция имитационных моделей на основе стандарта SMP2 позволяет получать разнообразные и качественные решения, используя знания групп инженеров, имеющих большой опыт проектирования бортовой аппаратуры. Расширение SMDL-описания моделей семантическими конструкциями предметной области и базами знаний, описывающими логику функционирования, обеспечивает взаимодействие разнородных имитационных моделей: реализованных по технологии SMP2, в виде виртуальных инструментов или правилами базы знаний. Семантическое представление модели и правил функционирования в терминах предметной области позволяет легко разбираться в устройстве как создаваемых конструктором собственных моделей, так и моделей, созданных другими специалистами, а также представлять моделируемую систему в целом.

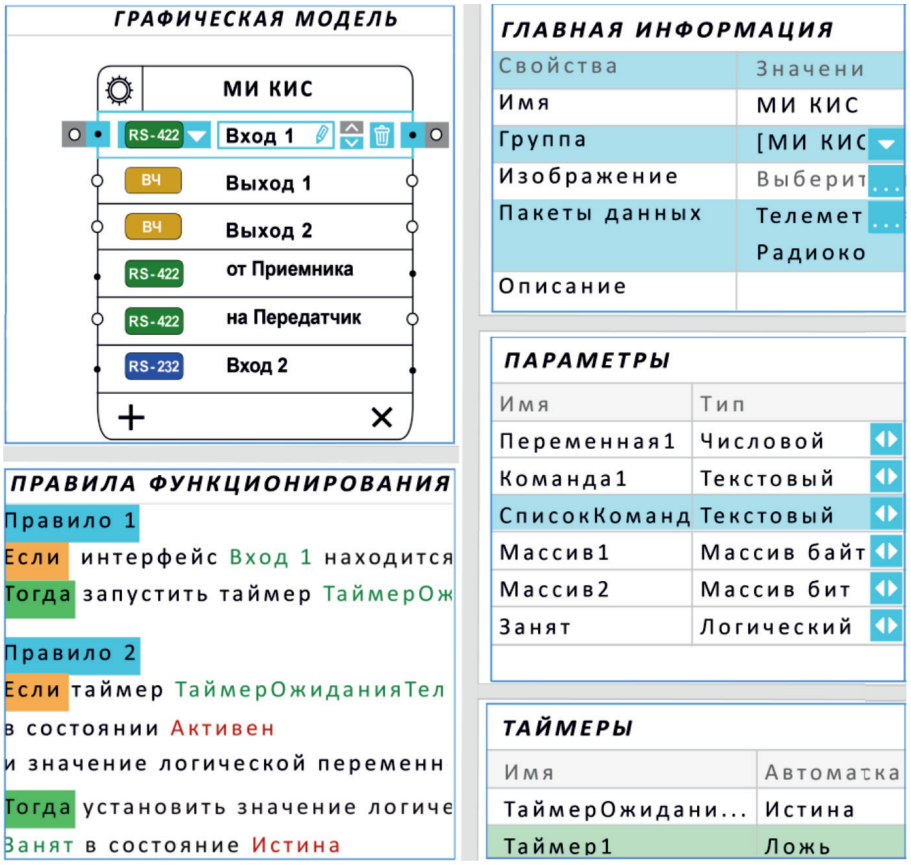


Рис. 2. Интерфейс мастера загрузки имитационных моделей

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Красноярского края в рамках научного проекта № 16-41-242042.

Список литературы

1. Liu Y., Zhang L., Zhang W., Hu X. An overview of simulation-oriented model reuse. Theory, methodology, tools and applications for modeling and simulation of complex systems // Springe. – 2016. – vol. 646. – P. 48–56.

2. Ноженкова Л.Ф., Исаева О.С., Грузенко Е.А., Белорусов А.И. Компоненты унификации модели бортовой аппаратуры космического аппарата / Л.Ф. Ноженкова // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 11–2. – С. 284–288.

3. Исаева О.С., Грузенко Е.А., Вогоровский Р.В., Колдырев А.Ю. Моделирование и анализ функционирования бортовой аппаратуры командно-измерительной системы космического аппарата / О.С. Исаева // Информатизация и связь. – 2015. – № 1. – С. 58–64.

4. Лопаткин Р.Ю., Петров С.А., Игнатенко С.Н., Иващенко В.А. Перспективы применения имитационного моделирования в задачах автоматизации и управления технологическими системами / Р.Ю. Лопаткин // Вестник НТУ «ХПИ». – 2015. – № 17(1189). – С. 61–71.

5. Hawryszkiewycz I.T. A meta model for modeling collaborative systems // J. Comput. Inf. Syst. – 2016. – vol. 45(3). – P. 19–43.

6. Zeigler B.P., Zhang L. Service-oriented model engineering and simulation for system of systems engineering // Concepts and Methodologies for Modeling and Simulation: Springer International Publishing, 2015. – P. 19–44.

7. Муравьева-Витковская Л.А. Моделирование интеллектуальных систем / Л.А. Муравьева-Витковская. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 145 с.

8. Simulation modelling platform. ECSS E-40-07 // ESA Requirements and Standards Division ESTEC. – 2011. – Vol. 1a-5a. – P. 869.

9. Simulation modelling platform. Metamodel. ECSS E-40-07 // ESA Requirements and Standards Division ESTEC. – 2011. – P. 169.

10. Sarkarati M., Merri M., Spada M. Cloud based architectures in ground systems of space missions // GSW 2013. ESA, 2013. – P. 14.

11. Cazenave C., Arrouy W. Implementing SMP2 standard within SimTG simulation infrastructure // SESP 2012: Simulation and EGSE for space programmes. ESTEC. Noordwijk, 2012. – P. 13.

12. Fritzen P., Segneri D., Pignede M. SWARMSIM – The first fully SMP2 based Simulator for ESOC // Proceedings of the 11th International Workshop on Simulation & EGSE facilities for Space Programmes. ESTEC, 2010. – P. 7.

13. Lammen W.F., Jaffry D., Moelands J.M., Wijnands Q. Connecting MATLAB to the SMP2 Standard // Harmonizing new and traditional approaches for automatic model transfer: Netherlands Aerospace Centre. ESTEC Noordwij, 2016. – P. 20.

14. Исаева О.С., Грузенко Е.А. Эвристический метод построения модели функционирования командно-измерительной системы космического аппарата / О.С. Исаева // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН. – 2016. – № 4–2. – С. 28–37.

УДК 004.413.4:336

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ОПЕРАЦИОННЫХ РИСКОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕЛИЗАМИ БАНКОВСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Петросян Г.С.

ФГБОУ «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва, e-mail: grantp@rambler.ru

Настоящая статья посвящена задачам оценки операционных рисков при планировании, сборке, тестировании и развёртывании IT-релизов. Автором рассмотрена проблема обеспечения возможности внесения изменений в IT-инфраструктуру без ухудшения качества сервиса, что является одной из основных целей процесса управления релизами. Рассмотрены мероприятия и практики, направленные на сокращение потерь от операционных IT-рисков. Также описывается математическая модель для прогнозирования ущерба от IT-риска в разрезе релизов, основанная на методологии Value at Risk. Для подтверждения результатов проведены расчёты с использованием языка программирования R. Данная работа и предложенные в ней методы могут оказаться полезными для менеджеров по управлению релизами, риск-менеджеров, специалистов по внедрению и сопровождению, а также специалистов по тестированию информационных систем.

Ключевые слова: IT-релиз, операционный риск, автоматизированная банковская система, тестирование программного обеспечения, стоимостная мера операционного риска

METHODS FOR OPERATIONAL RISK ANALYSIS IN RELEASE MANAGEMENT OF BANKING SOFTWARE

Petrosyan G.S.

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: grantp@rambler.ru

This article is dedicated to the operational risk measurement across release planning, building, testing and deployment. The author considers the problem of ensuring that any changes in IT infrastructure can be performed without degradation of existing services, which is one of the main objectives of the release management process. Activities and practices aimed at the mitigation of IT operational risks across multiple releases are provided. Mathematical model for estimating the IT risk in the context of release management, based on Value at Risk approach, is provided in the research. To confirm the result, calculations are made by means of R programming language. Results of the paper can be useful for release managers, risk managers, support, deployment and test engineers.

Keywords: IT release, operational risk, automates banking system, software testing, operational value at risk

В настоящее время происходит интенсивное развитие и усложнение банковских информационных систем и технологий, также наблюдается тенденция к сокращению релизного цикла, повышение скорости разработки и обеспечение возможности выпуска релиза в любой момент. Растёт популярность гибких методологий (Agile) [1], а также методологии DevOps (development and operations) [2] среди российских банков и их технологических подразделений. В условиях сокращения скорости вывода новых продуктов на рынок и повышения гибкости внедрений (release anytime) банки сталкиваются с проблемой поддержки текущих показателей надёжности автоматизированных систем и минимизации операционных IT-рисков. По этой причине управление релизным циклом банковского программного обеспечения не может рассматриваться отдельно от соответствующих технологических рисков, которые может привнести установка нового релиза.

Операционный IT-риск – это риск ущерба текущей деятельности банка в виде убытка или недополученного дохода, вызванный используемыми информационными технологиями и IT-процессами [3]. Примерами последствий инцидентов операционного IT-риска могут служить неверно рассчитанные платежи по кредитам, сбои в работе карточного процессинга в часы пиковой нагрузки, ошибки при расчете комиссионного вознаграждения банка при переводе денежных средств. Подобные ошибки способны привести к серьёзным денежным и репутационным потерям для различных организаций.

Согласно методологии ITIL [4] управление IT-релизами – это процесс, отвечающий за планирование и контроль сборки, тестирования и развёртывания релизов, а также за внедрение нового функционала без нарушения целостности существующих IT-сервисов.

В современной литературе по управлению IT-процессами, включая методологию ITIL, слабо отражена проблема интеграции процесса управления релизами и процесса управления рисками. Цель данной статьи заключается в описании основных подходов к управлению IT-рисками в рамках релиз-

ного цикла банковского ПО, а также в разработке математической модели прогнозирования операционных IT-рисков перед внедрением новых версий программного обеспечения. При построении математической модели использован аппарат теории вероятностей, математической статистики и методов Монте-Карло. Представленная модель реализована с использованием языка программирования R.

Методы предотвращения реализации IT-рисков

Приведём основные мероприятия и практики, направленные на выявление и предотвращение реализации IT-рисков при внедрении нового функционала ПО, а также на снижение вероятности наступления рискового события либо минимизации его последствий в случае реализации.

● Перед выпуском каждая доработка должна проходить обязательное тестирование. Также должен быть протестирован старый функционал, который мог быть затронут изменениями (регрессионное тестирование). Задача тестирования ПО – проверка соответствия реального и ожидаемого поведения программного обеспечения. Обязательным условием проведения тестирования критичного банковского ПО является развёртывание и использование отдельных тестовых сред [5].

● Пилотирование нового функционала на промышленном контуре без тиражирования на все географические локации, отделения банка или устройства самообслуживания [3]. Данный подход предназначен для проверки работоспособности каждой следующей версии релиза в условиях реальных данных и ведет к уменьшению операционных рисков, а также к сокращению сроков вывода на рынок новых банковских услуг.

● Использование систем мониторинга за сбоями в финансовых транзакциях, а также обеспечение возможности отката нового функционала с промышленного контура в случае обнаружения сбоев.

● Непрерывный сбор статистических данных по инцидентам операционного риска, последующий анализ и выявление типовых рисков, которые имеют сходные сценарии реализации и могут быть предотвращены общими мероприятиями. При функциональном тестировании и при приемо-сдаточных испытаниях каждого релиза рекомендуется проводить тесты, покрывающие типовые риски.

Модель прогнозирования ущерба от IT-инцидентов

Считается, что на начальных фазах жизненного цикла ПО на 1000 строк исходного кода приходится 1–3 ошибки, которые приводят к дефектам вычислительного процесса [6]. Программа, состоящая из нескольких сотен строк, может иметь тысячи альтернативных путей выполнения. По этой причине отделы тестирования сталкиваются с проблемой неосуществимости исчерпывающего тестирования (exhaustive testing). Это означает, что невозможно найти 100 % дефектов в той или иной системе. Однако существует возможность, используя статистические данные, приближенно оценить число пропущенных дефектов и, как следствие, ущерб.

Опишем метод оценки, который базируется на модели Value at Risk (VaR).

Модели VaR, изначально разработанные в конце XX в. для оценки рыночного риска, могут также быть использованы в управлении операционными рисками для расчёта стоимостной меры операционного риска OpVar (Operational Value at Risk) [3].

Определим стоимостную меру операционного риска (operational value at risk, OpVar) IT-релиза t как значение потерь RL_t (release losses) от инцидентов операционного риска в данном релизе, которая не будет превышена с вероятностью α.

$$OpVar_{\alpha}(R_t) = \sup\{u \mid P(RL_t \le u) \le \alpha\}. \quad (1)$$

В формуле (1) множество $\{u, u \ge 0\}$ – это множество всех возможных значений ущерба u в рассматриваемом релизе.

Потери от операционных рисков – это дискретный во времени случайный процесс, что является фундаментальным отличием OpVar от рыночных моделей VaR, в которых цена актива рассматривается как непрерывный случайный процесс.

Введём понятия интенсивности и критичности операционного риска.

Интенсивность (frequency) риска определим как количество N_t дефектов, привнесенных релизом t, $t = 1,2,\ldots, T$.

Под критичностью (severity) риска будем понимать величину L_i финансовых потерь, которые повлёк за собой дефект i, $i = 1,2,\ldots, N_t$.

Предположим, что интенсивность риска имеет распределение Пуассона с математическим ожиданием λ, а частные потери от дефекта i (критичность риска) подчинены логнормальному [8] распределению с параметрами μ и σ^2:

$$N_t \in Пуас(\lambda),$$

$$S_i \in LogN(\mu, \sigma^2).$$

Также сделаем предположение, что случайные величины N_t и L_i являются независимыми.

Совокупные потери за релиз t могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$RL_t = \sum_{i=1}^{N_t} L_i \ . \qquad (2)$$

Функция распределения случайной величины RL_t может быть представлена в следующем виде:

$$F_{RLt}(x) = P(RL_t \le x) = P(L_1 + L_2 + ... + L_{N_t} \le x) \ .$$

Вывод точной формулы для $F_{RLt}(x)$ является трудноразрешимой задачей [7], и в данной статье будет предложена модель оценки OpVar, основанная на методе Монте-Карло.

Пусть имеется массив статистических данных по IT-инцидентам для серии релизов. Методом максимального правдоподобия [8] можно оценить математическое ожидание $\hat{\lambda}$ для распределения Пуассона, а также параметры $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma}$ для логнормального распределения:

$$\hat{\lambda} = \frac{\sum_{k=1}^{n} z_k}{n}, \qquad (3)$$

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{k=1}^{m} \ln w_k}{m}, \qquad (4)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{m} (\ln w_k - \hat{\mu})^2}{m}} \ . \qquad (5)$$

В формуле (3) $z_1, z_2, ..., z_n$ – статистические данные по количеству дефектов на релиз, в формулах (4) и (5) $w_1, w_2, ..., w_m$ – данные по величине ущерба на дефект (в руб.).

Очевидно, что статистические данные по инцидентам будут отсутствовать на ранних этапах проекта по разработке банковского ПО. Для ПО, которое используется в промышленной эксплуатации больше 3–5 лет, статистика также может отсутствовать или может быть неточной. В таких случаях для прогнозирования параметров интенсивности и критичности операционного риска (то есть параметров $\hat{\lambda}$, $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma}$) следует использовать статистические данные по смежным проектам либо метод экспертных оценок.

Используя метод Монте-Карло, сгенерируем N случайных величин, распределенных по Пуассону с параметром $\hat{\lambda}$: $x_1, x_2, ..., x_N$.

Затем смоделируем потери, подчиненные логнормальному распределению с параметрами $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma}$, и, таким образом, получим совокупную матрицу интенсивности и критичности операционного риска (aggregated frequency and severity):

$$AFS = \begin{pmatrix} l_{11} l_{12}, ... l_{1x_1} \\ l_{21} i_{22} ... l_{2x_2} \\ ... \\ l_{N1} l_{N2} ... l_{Nx_N} \end{pmatrix}.$$

Заметим, что разные строки матрицы AFS содержат различное число элементов, причём некоторые строки могут не содержать ни одного элемента.

Сложим элементы матрицы AFS по строкам и получим вектор совокупных потерь в разрезе N релизов:

$$\begin{pmatrix} rl_1 \\ rl_2 \\ ... \\ rl_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_{11} + l_{12} + ... + l_{1x_1} \\ l_{21} + l_{22}, ... + l_{2x_2} \\ ... \\ l_{N1} + l_{N2}, ... + l_{Nx_N} \end{pmatrix}.$$

Упорядочим получившиеся суммы по возрастанию:

$$rl^{(1)} < rl^{(2)} < ... < rl^{(N)} \ .$$

Для расчёта OpVar найдём номер k*, такой, что $OpVar_\alpha(R) = rl^{(k^*)}$.

Исходя из (1) и из того, что все сценарии равновероятны:

$$P(rl \le rl^{(i)}) = \frac{i}{N} \ .$$

Отсюда

$$\frac{k^*}{N} \le \alpha \ , \ \frac{k^*+1}{N} > \alpha \ ,$$

иначе $OpVar_\alpha(R) = rl^{(k^*+1)}$.

Поэтому:

$$\alpha N - 1 < k^* \le \alpha N \ .$$

Окончательно получим, что

$$k^* = [\alpha N] . \qquad (6)$$

Также можно рассчитать OpCVar (operational conditional value at risk) – математическое ожидание ущерба при условии, если он превысит значение VaR:

$$OpCVar_\alpha(R) = \frac{1}{N - k^*} \sum_{k=k^*+1}^{N} rl^{(k)} \ . \qquad (7)$$

Расчёт показателя Value at Risk с использованием языка R

Продемонстрируем предложенный алгоритм расчёта OpVar на примере. Пусть имеются статистические данные за 14 релизов банковской автоматизированной систе-

мы (таблица), и требуется спрогнозировать потери от IT-инцидентов для внедряемого в настоящий момент релиза 15.

Для оценки параметров $\hat{\lambda}$, $\hat{\mu}$ и $\hat{\sigma}$ выполним скрипт (рис. 1) на языке программирования R [9].

Получим:

$$\hat{\lambda} = 2{,}143,\ \hat{\mu} = 10{,}181,\ \hat{\sigma} = 1{,}893.$$

Рассчитаем показатели OpVar и OpCVar, используя R.

Листинг программы имеет следующий вид:

```
events_number<-10000 #1. Количество разыгрываемых сценариев
lambda<-fitdist(freq_hist, distr=»pois», method=»mle»)$estimate #2. Параметр λ распределения Пуассона
lnorm_mean<-coef(fitdist(sev_hist, distr=»lnorm», method=»mle»))[1] #3. Параметр μ логнормального распределения
lnorm_sigma<-coef(fitdist(sev_hist, distr=»lnorm», method=»mle»))[2] #4. Параметр σ логнормального распределения
alpha=0.95 #5. Доверительный уровень
k<-floor(alpha*events_number) #6. Параметр k* для расчёта OpVar
freq_sev_matrix<-list() #7. Генерация матрицы AFS (aggregated frequency and severity)
for(i in 1:events_number){
 sev_vector <- c();
 t<-rpois(1, lambda)
 if(t>=1){
 for(j in 1:t){
 sev_vector<-append(sev_vector, rlnorm(1, meanlog=lnorm_mean, sdlog=lnorm_sigma));
 }
 }
 freq_sev_matrix[[i]]<-sev_vector
}
total_sev_vector <- c(); #8. Вектор из сумм строк матрицы AFS
for(i in 1:events_number){
 total_sev_vector<-append(total_sev_vector, sum(freq_sev_matrix[[i]]))
}
sorted_total_sev_vector<-sort(total_sev_vector) #9. Сортировка координат вектора из сумм строк матрицы AFS
var<-sorted_total_sev_vector[k] #10. Расчёт Var/CVar
above_var<-sorted_total_sev_vector[c((k+1):events_number)]
cvar<-mean(above_var)
print(var)
print(cvar)
```

Статистические данные по IT-инцидентам

№ релиза	Кол-во дефектов	Ущерб от дефектов, руб.
1	4	1586,74; 17379,30; 7416,71; 777,15
2	2	2863,54; 380513,40
3	2	314524; 15612,34
4	1	14857,74
5	4	141454,40; 97545,28; 3145,53; 6556,40
6	1	11428,18
7	4	83540,83; 24519,78; 14995,63; 908,42
8	1	136772,20
9	2	37441,59; 137692,50
10	2	22281,86; 1505342
11	0	–
12	3	132279,50; 64807,78; 365711,60
13	1	9411,29
14	3	176826,20; 4368,12; 7258,91

На рис. 2 изображены результаты выполнения программного кода в среде RStudio.

Исходя из рис. 2 потери для внедряемого релиза 15 могут быть выражены в следующих показателях:

$$OpVar_{0,95}(R_{15}) = 1335348 \text{ руб.}$$

$$OpCVar_{0,95}(R_{15}) = 3293289 \text{ руб.}$$

Изобразим графически упорядоченные значения потерь $rl^{(1)} < rl^{(2)} < ... < rl^{(10000)}$, а также величину OpVar (рис. 3). Для этого необходимо выполнить следующий скрипт:

```
plot(sorted_total_sev_vector, axes = FALSE, type=»l», ylim=c(0,2000000), xlab=»номер сценария», ylab=»величина ущерба (руб.)»,) # 1. Построение основного графика
axis(1, pos=0) # 2. Построение оси OX
axis(2, pos=0, las=1) # 3. Построение оси OY
points(k,0, pch=19) # 4. Отметим на графике OpVar
text(k, 0, k, pos=3)
points(k, var, pch=19)
text(k, var, «OpVar», pos=2)
```

```
Console ~/
> library("fitdistrplus")
Warning message:
пакет 'fitdistrplus' был собран под R версии 3.1.3
> freq_hist<-c(4, 2, 2, 1, 4, 1, 4, 1, 2, 2, 0, 3, 1, 3)
> sev_hist<-c(1586.74, 17379.30, 7416.71, 777.15, 2863.54, 380513.40, 314524, 15612.34, 14857.74, 141454.40, 97545.28, 3145.53, 6556.40, 11428.18, 83540.83, 24519.78, 14995.63, 908.42, 136772.20, 37441.59, 137692.50, 22281.86, 1505342, 132279.50, 64807.78, 365711.60, 9411.29, 176826.20, 4368.12, 7258.91)
> fitdist(freq_hist, distr="pois", method="mle")
Fitting of the distribution ' pois ' by maximum likelihood
Parameters:
       estimate Std. Error
lambda 2.142857  0.3912303
> fitdist(sev_hist, distr="lnorm", method="mle")
Fitting of the distribution ' lnorm ' by maximum likelihood
Parameters:
        estimate Std. Error
meanlog 10.18141  0.3455252
sdlog    1.89252  0.2443229
>
```

Рис. 1. Оценка максимального правдоподобия в среде RStudio

```
Console ~/
+     }
+   }
+   freq_sev_matrix[[i]]<-sev_vector
+ }
> total_sev_vector <- c(); #8. Вектор из сумм строк матрицы AFS
> for(i in 1:events_number){
+   total_sev_vector<-append(total_sev_vector, sum(freq_sev_matrix[[i]]))
+ }
> sorted_total_sev_vector<-sort(total_sev_vector) #9. Сортировка координат вектора из сумм строк матрицы AFS
> var<-sorted_total_sev_vector[k] #10. Расчёт Var/CVar
> above_var<-sorted_total_sev_vector[c((k+1):events_number)]
> cvar<-mean(above_var)
> print(var)
[1] 1335348
> print(cvar)
[1] 3293289
>
```

Рис. 2. Выполнение скрипта для расчёта OpVar и OpCVar

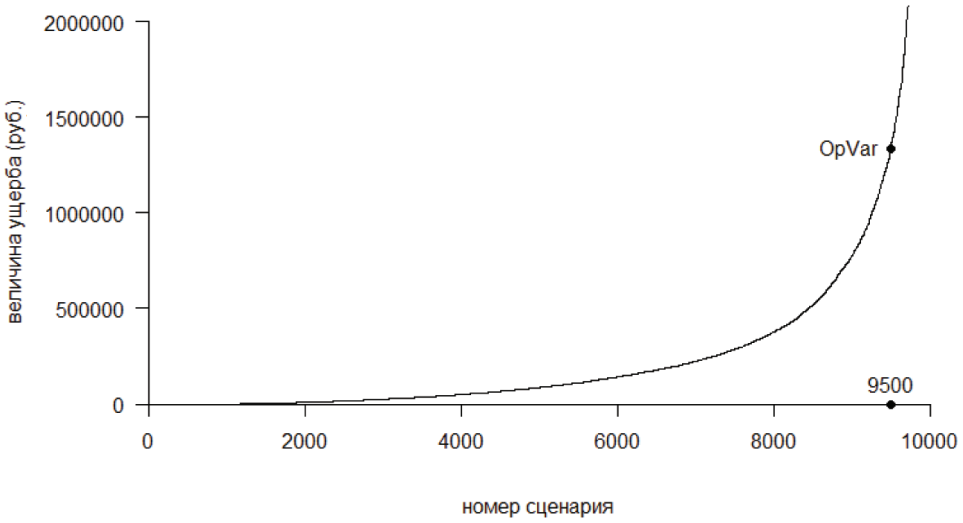


Рис. 3. Упорядоченные значения потерь по 10000 сценариям

В рамках рассмотренного нами примера предположим, что в течение 10 последующих релизов (релизы 15–24) внедрялись новые методы тестирования и, как следствие, была уменьшена частота инцидентов:

$$\hat{\lambda}^{(1)} = 1,664 .$$

Рассчитаем OpVar для релиза 25:

$$OpVar_{0,95}(R_{25}) = 1098100 \text{ руб.}$$

$$\Delta OpVar_{0,95} = 237248 \text{ руб.}$$

Отсюда можно сделать вывод, что новые методы тестирования привели к сокращению максимального ожидаемого ущерба на 237 248 руб.

Заключение

В работе сделан вывод о том, что для критичных банковских систем установка каждого нового релиза в промышленную среду может привести к возникновению инцидентов операционного риска и, как следствие, к существенным финансовым потерям. Этим объясняется необходимость интеграции процесса управления релизами и процесса управления рисками при разработке банковского ПО.

В статье описаны способы минимизации IT-рисков на всех этапах жизненного цикла IT-релизов; разработана математическая модель оценки рисков, основанная на методе Value at Risk. Предложенная автором модель сопровождается практическим примером, а также программным кодом R.

Список литературы

1. Петросян Г.С., Титов В.А. Специфика тестирования в условиях гибких методологий разработки программного обеспечения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 9–3. – С. 486–487.

2. Jennifer Davis, Katherine Daniels. Effective DevOps: Building a Culture of Collaboration, Affinity, and Tooling at Scale. – USA: O'Reilly Media, 2016. – 410 p.

3. Cruz M.G. Modeling, measuring and hedging operational risk – Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2002. – 346 p.

4. Rance S. ITIL Service Transition. – London: TSO, 2011. – 360 p.

5. Black R. Managing the Testing Process: Practical Tools and Techniques for Managing Hardware and Software Testing. – USA: Wiley, 2009. – 676 p.

6. Липаев В.В. Тестирование программ / В.В. Липаев. – М.: Радио и связь, 1986. – 296 с.

7. Klugman S., Panjer H., Wilmot G. Loss Models: From Data to Decisions (4th ed.) – New York: Wiley, 2012. – 536 p.

8. Sheldon M Ross. Introduction to probability and statistics for engineers and scientists (5th ed.) – Los Angeles: Associated Press, 2009. – 686 p.

9. The R Manuals [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cran.r-project.org/manuals.html (дата обращения: 05.09.2017).

УДК 677.054.838.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ И ШУМА РЕМИЗНОЙ РАМЫ МЕТАЛЛОТКАЦКОГО СТАНКА

[1]Пирогов Д.А., [1]Шляпугин Р.В., [2]Эльнашар Е.А.

[1]ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (ИВГПУ), Иваново, e-mail: pirogov81@mail.ru;

[2]Университет г. Кафрэльшейх, e-mail: Smartex@kfs.edu.eg

Наиболее распространенные ткацкие станки для выработки тканой металлической сетки имеют заправочную ширину 100 см. При проектировании металлоткацких станков с широкой заправочной линией возникает необходимость исследования уровня вибрации и шума, создаваемого ремизной рамой, являющейся одним из основных источников возникновения этих явлений станка в целом. Вибрации, возникающие в процессе работы в этом звене, могут значительно влиять на протекание технологического процесса, а шум оказывает негативное действие на обслуживающий персонал. Авторами разработана методика и проведено исследование вибрации и шума ремизной рамы металлоткацкого станка. Определены спектры мощности звуко- и виброизлучения для ремизной рамы металлоткацкого станка. Проведено сравнение полученных значений с допустимыми нормами на технологическом производстве.

Ключевые слова: шум, вибрация, инженерная акустика, зевообразовательный механизм, металлоткацкий станок

RESEARCH OF VIBRATION AND NOISE OF A HEDDLE FRAME OF THE METAL-LOOM MACHINE

[1]Pirogov D.A., [1]Shljyapugin R.V., [2]Elnashar E.A.

[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State Polytechnic University» (IVSPU), Ivanovo, e-mail: pirogov81@mail.ru;

[2]Kaferelsheikh University, e-mail: Smartex@kfs.edu.eg

The most common weaving looms for the production of woven metal mesh have a filling width of 100 cm. When designing metal loom machines with a wide filling line, it becomes necessary to study the level of vibration and noise created by the frame, which is one of the main sources of these phenomena of the machine as a whole. Vibrations occurring during the work in this link can significantly influence the course of the technological process, and the noise has a negative effect on the operating personnel. In this work, a technique has been developed and a study of vibration and noise of the frame of a metal-loom machine has been carried out. The spectra of the power of sound and vibration for the metal frame of the metal-loom machine are determined. The obtained values are compared with the permissible standards for technological production.

Keywords: noise, vibration, engineering acoustics, shedding mechanism, metal-loom machine

В отечественной литературе, посвященной вибрации и шуму машин и производств текстильной промышленности, основное внимание уделяется хлопчатобумажным [1], льняным и др. Динамическим расчетам механизмов прядильных, ткацких, трепальных и др. машин посвящено множество научных трудов различных авторов.

Вместе с тем внимание исследователей к изучению оборудования и технологий металлоткачества продолжает оставаться недостаточным. По нашим сведениям за период с 1970 по 1996 гг. во всем мире (исключая Российскую Федерацию) было опубликовано всего лишь 18 работ, затрагивающих металлоткачество и производство трикотажа из металлической проволоки. Из них пять публикаций в Германии, четыре – в США, по три – во Франции и в Англии, по одной – в Бельгии, Индии, Чехии. Десять – являются патентами. Имеется также чуть более 30 публикаций по металлическим и металлизированным волокнам и мононитям [2]. А работ, посвященных исследованию вибрационных и шумовых характеристик металлоткацкого производства, не встретилось ни одной.

Наиболее распространенные ткацкие станки для выработки тканой металлической сетки имеют заправочную ширину 100 см. При проектировании металлоткацких станков с широкой заправочной линией возникает необходимость исследования уровня вибрации и шума, создаваемого ремизной рамой, являющейся одним из основных источников возникновения этих явлений станка в целом. Вибрации, возникающие в процессе работы в этом звене, могут значительно влиять на протекание технологического процесса, а шум оказывает негативное действие на обслуживающий персонал.

Важнейшей характеристикой колебательного процесса (шума, вибрации) является его частотный спектр. Разложение

сложного колебательного процесса на простейшие составляющие называют частотным анализом процесса, а величину, указывающую на характер распределения параметров по частотному диапазону, – его частотным спектром. Как правило, машины имеют смешанный спектр, состоящий из непрерывной части, внутри которой располагаются достаточно четко выраженные гармоники. Непрерывный спектр обуславливается различными случайными и неустановившимися процессами, а дискретный – постоянно действующими причинами (силами), например возникновение вибрации с определенным частотным спектром может быть вызвано инерционными силами [1].

В работах [3, 4] решены предшествующие задачи необходимые для достижения цели данного исследования – исследование вибрации и шума ремизной рамы металлоткацкого станка СТМ-4-130. В работе [3] для изучения работы механизма с учетом колебательных явлений разработаны динамические модели, в соответствии с которыми предложены и решены математические модели задач о собственных крутильных колебаниях валов, произведены расчеты собственных частот по указанным моделям, установлено, что механизм привода челноков работает вне зоны резонанса, определяемой паспортными режимами эксплуатации станка. В работе [4] для определения упругих деформаций ремизной рамы предложены динамические модели различного типа, решена задача о вынужденных колебаниях ремизной рамы, расчет выполнен двумя методами, которые дают близкие по значению результаты, что говорит об адекватности предложенных моделей.

В результате [4] определена зависимость (1) значения упругих деформаций, для разработанной модели ремизной рамы (рис. 1) в различных сечениях в зависимости от закона движения, упруго-инерционных характеристик рамы, технологических параметров и времени.

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

c_1 и c_2 – коэффициенты жесткости;

T – натяжение нитей основы;

m_1 и m_2 – сосредоточенные массы;

K_n – коэффициент пропорциональности между натяжением нитей основы, деформацией нижней планки и перемещением ремизной рамы;

μ – интенсивность распределенной массы системы;

$f(t)$ – закон движения ремизной рамы;

l – длина нижней планки ремизной рамы;

EY – жесткость нижней планки на изгиб.

$$y(x,t)=\sum_i X_i(x)\cdot\frac{-\int_o^l X_i(x)\partial x}{p_i\int_o^l X^2{}_i(x)\partial x}\cdot\left(K_n\int_0^t y_0(t)\sin p_i(t-\tau)d\tau+\mu\int_0^t \dot{y}_0(t)\sin p_i(t-\tau)d\tau\right), \quad (1)$$

где p_i – собственные частоты системы;

$X_i(x)$ – собственные формы системы;

i – индекс собственной частоты (формы) системы;

$y_0(t)$ – кинематическое перемещение рамки на рассматриваемой фазе движения;

$\dot{y}_0(t)$ – возмущающая функция (аналог линейного ускорения точек крепления упругих связей) на рассматриваемой фазе движения.

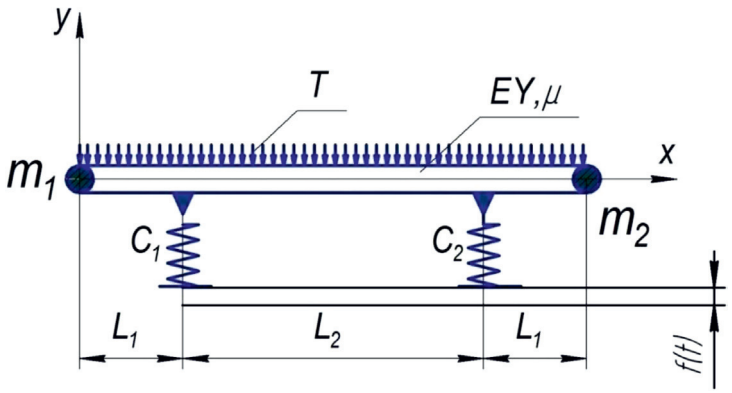


Рис. 1. Динамическая модель ремизной рамы

Параметры вибрации и шума зависят как от мощности самого источника и расстояния до него, так и от акустических свойств окружающего пространства. Поэтому основными характеристиками излучаемого механизмом шума являются мощность и виброскорость, характеризующие общую энергию излучения механизма.

Мощность излучаемого колеблющимся телом (или участком тела) шума зависит от формы колебаний, геометрии тела и пропорциональна квадрату средней виброскорости на поверхности излучателя.

$$W = \sum_i R_i \nu_i^2. \qquad (2)$$

Размерный коэффициент пропорциональности R между звуковой мощностью и квадратом амплитуды виброскорости на поверхности излучателя называется акустическим сопротивлением излучателя.

По результатам исследований, указанных в работе [1], основными типами излучателей в ткацком станке являются точечные излучатели (монополи), акустическое сопротивление которых можно определить как

$$R = \frac{\rho \cdot p^2 \cdot S^2}{8\pi \cdot c}. \qquad (3)$$

Тогда мощность излучения определится как

$$W = \frac{\rho \cdot p^2 \cdot S^2}{8\pi \cdot c} \cdot \nu^2, \qquad (4)$$

где ρ – плотность среды, кг/м^3;
p – собственная частота колебаний;
S_n – площадь поверхности излучения планки, м^2;
c – скорость звука в среде, м/с;
v – виброскорость, м/с;

В нашем случае значение виброскорости можно получить, вычислив производную по времени от выражения (1)

$$\nu = \dot{y}(x,t) = \sum_i X_i(x) \cdot \frac{-\int_o^l X_i(x)\partial x}{\int_o^l X^2{}_i(x)\partial x} \cdot \left(\frac{K_n}{\mu} \int_0^t y_0(\tau)\cos p_i(t-\tau)d\tau + \int_0^t \dot{y}_0(\tau)\cos p_i(t-\tau)d\tau \right), \qquad (5)$$

а действующее (среднее) значение виброскорости зависимостью

$$\nu_{cp} = \sqrt{\frac{\int_0^T v^2 \cdot dt}{T}}, \qquad (6)$$

так как эта величина есть среднеквадратическое мгновенных значений скорости V за время усреднения T.

Принимая для нашего случая в качестве модели излучателя точечный источник, необходимо определить среднюю скорость по поверхности планки. Для этого вычислим выражение

$$\bar{\nu}_{cp} = \sqrt{\frac{\int_0^l \nu_{cp}{}^2 \cdot dx}{l}}. \qquad (7)$$

Уровни интенсивности звука и вибрации можно определить через величины W и v следующими зависимостями:

$$L_W = 10\lg\frac{W}{W_0}, \qquad (8)$$

$$L_\nu = 20\lg\frac{\bar{\nu}_{cp}}{\nu_0}, \qquad (9)$$

где W_0, v_0 – значения нулевых порогов интенсивностей звуковой мощности и виброскорости соответственно [5].

Производим расчеты, принимая в качестве исходных данных следующие значения физических величин: ρ = 1,2 кг/м^3, S = 0,0138 м^2, c = 340 м/с, T = 0,21с, $W_0 = 10^{-12}$Вт, $v_0 = 5\cdot10^{-6}$ см/с.

Результаты расчетов по приведенной выше методике сведены в таблице.

На рис. 2 приведены зависимости среднего значения виброскорости на поверхности планки от собственных частот модели

Зависимости интенсивностей вибрации и шума от собственных частот системы изображены на рис. 3.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы. Пиковые значения вибрации и шума ремизной рамы приходятся на октавные полосы со среднегеометрическими частотами в 63, 250 Гц, возбуждаемые на первой и третьей собственных частотах.

Сравнивая (условно) с допустимой нормой уровней шума в производственных помещениях [1] для октавной полосы 63Гц – 99Дб, для октавной полосы 250 Гц – 86Дб. Таким образом, можно сказать, что уровень шума во всех октавных полосах лежит в допустимых пределах.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обусловливается главным образом силой воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы [6].

Рис. 2. Значения среднего значения виброскорости на поверхности планки в зависимости от собственных частот модели

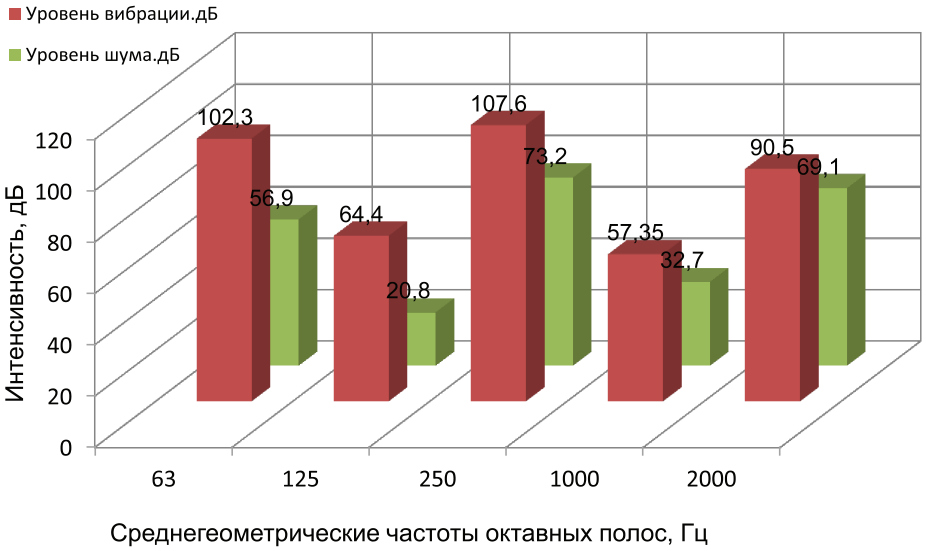


Рис. 3. Значения интенсивностей вибрации и звуковой мощности в октавных полосах

Результаты расчетов интенсивностей звуковой мощности и вибрации

Октавная полоса, Гц	Собственная частота, p_i рад/с – Гц	$V_{ср}$, см/с	L_v, дБ	W, Вт	L_w, дБ
63	p_1, 484,2 – 77,01	0,65	102,3	$1{,}76 \cdot 10^{-7}$	56,9
125	p_2, 827,2 – 131,65	0,008	64,4	$1{,}15 \cdot 10^{-10}$	20,8
250	p_3, 2002,7 318,69	1,2	107,6	$1{,}52 \cdot 10^{-5}$	73,2
500	–	–	–	–	–
1000	p_4, 5158,4 – 820,97	0,004	57,4	$9{,}50 \cdot 10^{-10}$	32,7
2000	p_5, 10175,7 – 1619	0,17	90,5	$7{,}13 \cdot 10^{-6}$	69,1

Параметры колебательного процесса в зоне взаимодействия и его время являются определяющими параметрами, влияющими на развитие болезней, связанных с вибрацией. Ключевыми факторами при этом являются частоты, формы и амплитуды колебаний, направление действия вибрационных сил, упругих свойств тканей, наличие резонансных явлений и многих других условий.

По характеру воздействия различают общую и локальную вибрации. При общей вибрации происходит сотрясение всего организма. При локальной вибрации происходит сотрясение отдельных частей тела, например кистей рук. Наиболее опасным является первый тип [7].

В нашем случае колебания, возбуждаемые по третьей форме, превышают допустимые пределы по значениям виброскорости и уровню интенсивности общей вибрации (для октавной полосы 63 Гц – 0,2 см/с и 92 дБ)[1]. Уровни и виброскорости локальной вибрации лежат в допустимых пределах (для октавной полосы 63 Гц – 1,4 см/с и 109 дБ, для октавной полосы 250 Гц – 1,4 см/с и 109 дБ) [5].

Выводы

1. Разработана методика теоретического анализа звуко- и виброактивности механизма ткацкого станка.

2. Получены спектры мощности звуко- и виброизлучения для ремизной рамы металлоткацкого станка. Установлено, что максимальные уровни шума и вибраций лежат в пределах октавных полос со среднегеометрическими частотами 63, 250, 2000 Гц.

3. Установлено, что определенные уровни шума во всех октавных полосах лежат в допустимых пределах.

4. Вибрации, возбуждаемые колебаниями по первой и третьей формам, превышают допустимые пределы по значениям виброскорости и уровню интенсивности как общей, так и локальной вибраций.

Список литературы

1. Коритысский Я.И. Вибрация и шум в текстильной и легкой промышленности [Текст] / Я.И. Коритысский. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 328 с.

2. Смирнов А.Н. Исследования технологии и оборудования в металлоткачестве [Текст] / А.Н. Смирнов, А.А. Тувин, И.С. Баталин, Гао Бинь // Вестник Ивановской государственной текстильной академии. – 2001. – № 1. – С. 122–124.

3. Пирогов Д.А. Динамическая модель зевообразовательного механизма металлоткацкого станка и определение собственных параметров колебательного процесса [Текст] / Д.А. Пирогов, В.А. Суров, Р.В. Шляпугин, С.В. Селезнев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 2. – С. 113–116.

4. Пирогов Д.А. Исследование вынужденных колебаний ремизной рамы металлоткацкого станка [электронный ресурс] / Д.А. Пирогов, Р.В. Шляпугин, С.В. Селезнев // МИКМУС-2014: труды XXVI Международной инновационно-ориентированной конференции молодых ученых и студентов. – М: Изд-во ИМАШ РАН, 2014. – С. 316–322. Режим доступа:https://elibrary.ru/download/elibrary_23168026_70980660.pdf (дата обращения: 27.07.2017).

5. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом [текст]: Учебник / Н.И. Иванов. – М.: Логос, 2008. – 422 с.

6. Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей [текст]: учебное пособие / Ю.А. Амелькович, Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина и др. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236 с.

7. Колосов Ю.В. Защита от вибраций и шума на производстве [Текст]: Учебное пособие / Ю.В. Колосов, В.В. Барановский. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 38 с.

УДК 004.9:621.644

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА, ПРОЛОЖЕННОГО В КРИОЛИТОЗОНЕ

Попов К.А., Стручкова Г.П., Капитонова Т.А., Слепцов О.И.

ФГБУН Институт физико-технических наук им. В.П. Ларионова СО РАН, Якутск, e-mail: kapitonova@iptpn.ysn.ru

Для обеспечения и управления безопасностью жизнедеятельности и снижения рисков возникновения ЧС, особенно в зимнее время, в районах Крайнего Севера необходимо комплексное привлечение материалов геотехнического мониторинга, которые представляют собой разнородные, зависящие от многих факторов, взаимосвязанные, данные в силу чего невозможно вычленение и детальное исследование отдельных явлений. Анализ подобных слабоструктурированных данных сопряжён со многими трудностями и может быть выполнен с использованием в СППР комбинированных методов принятия решений в сочетании с методами искусственного интеллекта и компьютерным моделированием. В статье предложен краткий обзор классификаций ССПР, проанализированы их достоинства и недостатки с точки зрения рассматриваемой задачи обеспечения безопасности природно-технических систем, проложенных в условиях холодного климата. Рассматриваются основные компоненты ССПР и анализируются основные этапы процесса разработки управленческого решения.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, магистральные трубопроводы, подсистема управления моделью, базы данных, геотехнический мониторинг, компьютерное моделирование

THE USE OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE SAFETY OF UNDERGROUND MAIN PIPELINE LAID IN PERMAFROST

Popov K.A., Struchkova G.P., Kapitonova T.A., Sleptsov O.I.

The Institution of Physical-Technical Problems of the North, Siberian Branch of the RAS, Yakutsk, e-mail: kapitonova@iptpn.ysn.ru

To ensure and manage safety and reduce risks of emergencies, especially in winter, in the far North may have raising materials for geotechnical monitoring, which represent a heterogeneous, depending on many factors that are interrelated, which makes impossible the isolation and detailed study of individual phenomena. The analysis of such semi-structured data is fraught with many difficulties can be performed using the Decision Support Systems (DSS) combined decision-making methods in combination with methods of artificial intelligence and computer simulation. The article offers a brief overview of the classifications of the DSS, their advantages and disadvantages are analyzed from the point of view of the considered task of ensuring the safety of natural and technical systems laid in cold climate conditions. The main components of the DSS are considered and the main stages of the management decision development process are analyzed.

Keywords: decision support systems, pipelines, control subsystem model, database, geotechnical monitoring, computer simulation

Магистральные трубопроводы (МТ), проложенные в регионах холодного климата, – сложные природно-технические системы, их защищенность рассматривается как важнейший показатель по критериям риска, так как нарушение их работы влияет на состояние безопасности целого региона. Первая нитка магистрального газопровода Мастах – Берге – Якутск, проложенного в зоне многолетней мерзлоты в Якутии, эксплуатируется уже больше 40 лет. Очевидно, что к таким объектам должно быть предъявлено повышенное требование безопасности к техническому состоянию и периодический контроль, особенно на опасных участках подверженных экзогенным процессам, таких как участки подводного перехода, термокарста, болотистые местности, курумы. В районах многолетней мерзлоты и подземных вод на возникновение аварийных ситуаций оказывают влияние криогенные процессы, к которым можно отнести морозное пучение и просадку грунта. Эти процессы прогрессируют при изменении климата и водного баланса в неоднородных средах, что приводит к повышению аварийности при работе МТ.

Прогнозирование и предупреждение аварий и катастроф в природно-техногенных сферах базируется на результатах мониторинга состояния промышленных объектов и моделирования катастрофических процессов и техногенных аварий. Приоритетной постановкой является переход от решения отдельных экологических и технологических проблем к комплексному обеспечению природно-техногенной безопасности отдельных территорий, что особенно актуально для регионов Сибири и Крайнего Севера.

В этих условиях вопросы природно-техногенной безопасности приобретают первостепенное значение, поскольку определяют социально-экономическое состоя-

ние данных территорий и перспективы их дальнейшего развития [1].

Для создания комплексной базы данных СППР, проведения превентивных мероприятий, прогнозирования чрезвычайных ситуаций и снижения риска их возникновения необходим мониторинг в течение длительного времени, способы обработки полученных данных с применением современных информационных технологий, все это составляет основу собираемых баз данных.

Базы данных для СППР должны содержать материал, описывающий основные опасности природно-техногенного характера за определенный период времени для оценки вероятностных событий, часть материала должна иметь координатную привязку, объекты которых могут быть изображены на цифровых картах в виде тематических слоев.

Основу базы данных составляет картографическая система. В качестве исходной информации для формирования базы данных используются материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и результаты их дешифрирования, данные наземных изыскательских и специальных работ, статистическая и природно-ресурсная информация.

Материалы полевых геологических обследований представляют собой результаты ландшафтно-геокриологического микрорайонирования с описанием растительности, уклонов рельефа и основных криогенных процессов, распространенных на исследуемом участке трассы МТ. Данные полевых обследований используются при дешифрировании аэрокосмоснимков.

Материалы инженерно-геологических обследований участков представляют собой результаты лабораторных исследований геолого-литологического строения, мерзлотных и гидрогеологических условий грунтов, участков трасы трубопровода. Физико-механические свойства грунтов включают в себя: плотность, пористость, влажность, льдистость, гранулометрический состав по фракциям. Данные, полученные в результате инженерно-геологического анализа участков, используются при дешифрировании аэрокосмоснимков, моделировании теплового взаимовлияния технической и природной систем и изменения напряженно-деформированного состояния трубопровода вследствие протайки и осадки мерзлых грунтов.

Материалы аэрокосмических обследований представляют собой снимки и видеоданные, дешифрирование которых позволяет выявить, определить тип и стадию развития опасных геологических процессов. Для эффективного использования аэрокосмических данных необходимо применить специальные методы и технологии обработки данных и интерпретации ее результатов. При этом возникают трудности, связанные с большим числом факторов, влияющих на получение изображения; его информационной структурой; недостаточной изученностью корреляционных связей между элементами геотехнических систем, окружающей среды, формализацией полученных данных.

Для своевременного обнаружения опасных участков несколько раз в год проводится оценка состояния МТ, функционирующих в сложных климатических условиях, используется комплекс показателей, которые выявляются в результате различных обследований. Периодический контроль за состоянием МТ значительно продлевает ресурс и период их эксплуатации. Одним из таких является геотехнический мониторинг, по результатам которого можно не только оценивать, но и прогнозировать состояние МТ.

В разработку методических основ оценки потенциальной опасности эксплуатации магистральных газопроводов, применения результатов анализа риска промышленных объектов для решения практических задач внесли большой вклад известные отечественные ученые В.А. Легасов И.И. Кузьмин, А.Н. Клохин, И.И. Бурдаков, А.Н. Черноплеков, В.С. Сафонов, М.Г. Сухарев, Г.Э. Одишария, А.А. Швыряев.

Развитые страны (США и др.) все более активно включают создание интегрированных систем моделирования, мониторинга и прогнозирования с использованием геоинформационных систем, систем дистанционного зондирования, разработку информационной инфраструктуры для них в список приоритетно финансируемых НИР.

Существующие методы мониторинга, анализа и прогнозирования состояния трубопроводов, которые требуют периодической проверки всего трубопровода несколько раз в год, ресурсозатратны и малопродуктивны. Одним из решений данной проблемы является применение систем поддержки принятия решений (СППР) для своевременного анализа, прогнозирования и формирования решений по устранению рисков. Такой подход позволяет ранжировать участки трубопроводов по степени опасности, на основе полученных данных мониторинга [2]. В настоящее время СППР широко используются на крупнейших нефтегазовых предприятиях, но в области мониторинга и диагностирования эффективное решение отсутствует [3].

Различных классификаций СППР на данный момент существует довольно много, они в основном рассматриваются с точки зрения бизнеса. Наиболее подходящей для

данной цели является классификация описанная Стивеном Альтером в 1980 г. Он подразделил СППР на 7 типов, основанных на их общих характерных операциях:

● Файловые системы. Этот тип СППР в первую очередь обеспечивает доступ к хранилищам данных / элементам связанных данных.

● Системы анализа данных. Этот тип СППР поддерживает манипулирование данными с использованием конкретных или общих компьютеризированных настроек или инструментов.

● Аналитические информационные системы. Этот тип СППР обеспечивает доступ к наборам баз данных, ориентированных на принятие решений, и простым небольшим моделям.

● Учет и финансовые модели. Этот тип СППР может обрабатывать вопросы «что делать, после анализа» и вычислять результаты различных путей решений.

● Репрезентативные модели. Этот тип СППР также обрабатывает вопросы «что делать, после анализа» и вычислять результаты различных путей принятия решений на основе созданных моделей.

● Модели оптимизации. Этот тип СППР предоставляет решения с использованием оптимизационных моделей, которые имеют математические решения.

● Модели предложений. Этот тип СППР работает, когда решение, которое необходимо принять, основано на хорошо структурированных задачах [4].

В современной интерпретации некоторые типы из классификации Альтера можно объединить и представить в виде пяти типов:

● СППР, основанная на моделях – это СППР, которая использует модель (количественную) на основе эвристики, оптимизации, моделирования и т.д., имеет доступ к моделям и гибкость в изменении параметров модели. Реальные данные или транзакционные данные из баз данных обрабатываются, а затем подаются как исходные данные модели для получения решения. Система способна создавать разные сценарии.

● СППР, основанная на данных – это СППР, которая предоставляет доступ к внутренним данным временного ряда. Примерами таких систем являются хранилища данных, в которых есть инструменты, предоставляющие возможность манипулировать этими данными.

● Коммуникационная СППР – это СППР, которая использует сетевые и коммуникационные технологии для поддержки сотрудничества и коммуникации, ориентированного на принятие решений. В таких системах наиболее важными компонентами являются коммуникационные технологии. Такие системы используют сбор и обработку множества решений из различных источников для получения результата.

● Документированная СППР – это СППР, которая использует компьютерную память и обработку для обеспечения поиска и анализа документов.

● СППР, основанная на знаниях – это СППР, которая занимается сбором и хранением «опыта»/промежуточных знаний/решений предыдущих итераций, чтобы система смогла ими воспользоваться для принятия решений, когда это необходимо [4].

Компоненты СППР

Несмотря на то, что СППР может быть нескольких типов, принципиально каждая система будет иметь следующие компоненты:

Интерактивная подсистема управления диалоговыми системами Пользователь – Система – СППР, где требуется постоянное взаимодействие с пользователем. Иногда система должна предлагать пользователю вводить данные во время выполнения обработки/анализа, это позволит пользователю контролировать обработку.

Типичная подсистема управления диалоговым управлением пользовательской системы будет иметь следующие элементы:

Пользовательский интерфейс СППР – он должен быть динамическим и основанным на графическом интерфейсе. Это простой в применении интерфейс, который требует минимум времени для привыкания/освоения. Также система должна иметь возможность взаимодействовать с пользователем в интерактивном режиме, и, следовательно, пользовательский интерфейс должен быть динамическим.

Конструктор запросов – поскольку СППР работает в интерактивном динамическом режиме, ему нужен конструктор запросов (включающий аспекты интерфейса языковых запросов), который может преобразовывать инструкции пользователя в понятную форму для использования в модели, запрос различных данных модели в базу данных, а также и запросы самой модели к пользователю.

Подсистема управления данными – данные являются наиболее важным компонентом СППР. Без данных система не может функционировать. Доступ к данным осуществляется в СППР по-разному, например на основе структурированных запросов и на основе эвристического поиска, и поэтому для обслуживания разнообразных запросов данных от СППР требуется сильная подсистема управления данными. Такая подсистема подразделяется на следующие элементы:

Система управления базами данных – это хранилище данных для СППР, которая управляет данными и выполняет все функции, предписанные стандартной СУБД.

Контроллер запросов – это настраиваемый элемент для обработки запросов СППР. Он может связывать базу данных напрямую с пользовательским интерфейсом или с базой модели или с обоими.

Метаданные – это информация о самих данных, которые хранятся в базе данных, что помогает СППР правильно воспринимать данные в базе данных, создавать специальные запросы.

Подсистема управления моделью – это уникальная особенность СППР, которая делает систему очень конкретной. Существует очень мало примеров обобщенной СППР, поскольку обобщенные модели недоступны (их не существует ввиду сложности подбора параметров для достаточной адекватности модели). Подсистема управления моделью может использовать различные классы моделей, например:

– Оптимизационные модели.
– Симуляционные модели.
– Эвристические модели.
– Детерминированные модели.
– Предиктивные модели.
– Генетические алгоритмы.
– Когнитивные модели.
– Нейронные сети и системы с нечёткой логикой.

Каждый класс модели полезен для решения определенного класса проблем, таких как проблема маршрутизации или проблема планирования, или комбинаторная проблема поиска и прочее. Модель и управление моделью имеют несколько интерпретаций в литературе СППР, и в ней широко используются определения этих терминов. Обобщением, которое развивается из этого множества определений, является то, что модель задумывается как состоящая из решателя (solver), модели для решения проблемы (model) и данных (data) (обобщение согласно исследованиям Ramirez, 1993). Где модель представляет собой отношения между переменными, данные представляют значения переменных, а решатель – это инструмент, который позволяет вычислять значения переменных и их отношения. В некоторой литературе он также был концептуализирован как процедура, которая работает над данными, чтобы дать результат после анализа [5, 6].

Подсистема управления моделью

Подсистема управления моделью имеет следующие элементы:

Модельная система управления базой. Модельная база или, скорее, модельная система управления базой – это концептуально программное обеспечение СУБД, представляет собой данные, которые имеют возможность управлять моделью, чтобы она была полезной для лица, принимающего решения. Это ядро СППР. Она поддерживает создание моделей и работает с данными, с одной стороны, и с инструкциями, предоставленными пользователем, с другой.

Командный процессор модели – это объект, который обрабатывает команды, поступающие из подсистемы управления диалогом.

Модельный исполнитель – это сердце системы. Это процесс, посредством которого модель решается (обрабатывается) с использованием некоторого алгоритма. Он работает с моделью, созданной модельной базой, с инструкциями пользователя, конструктором запросов (подсистемой управления диалогом вообще), чтобы получить параметры модели от пользователя и данные из подсистемы управления данными. Затем он решает задачу и отображает результаты и некоторые варианты наилучшего решения с помощью подсистемы управления диалогом. Набор альтернативных решений помогает пользователю в принятии решений.

Обеспечение безопасного состояния линейной системы МТ требует для своего решения комплексного привлечения материалов геотехнического мониторинга, которые представляют собой разнородные, зависящие от многих факторов взаимосвязанные ситуации, в силу чего невозможно вычленение и детальное исследование отдельных явлений. Анализ подобных слабоструктурированных данных сопряжён со многими трудностями и может быть выполнен с использованием в СППР комбинированных методов принятия решений в сочетании с методами искусственного интеллекта и компьютерным моделированием.

Список литературы

1. Москвичев В.В., Шокин Ю.И. Проблемы природно-техногенной безопасности и территориальные риски регионов Сибири / В.В. Москвичев, Ю.И. Шокин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – Т.18, № 12. – С. 9–15.

2. Dipak Laha, Purnendu Mandal. Handbook of Computational Intelligence in Manufacturing and Production Management. Hershey, PA: IGI Global. – 2008. – С. 491.

3. Лисянский К. Архитектуры систем поддержки принятия решений [Электронный ресурс]. – URL: http://lissianski.narod.ru/index.html.

4. Ахметгареев Р.О., Бушмелева К.И. Системы поддержки принятия решений при мониторинге магистральных трубопроводов / Р.О. Ахметгареев, К.И. Бушмелева // НиКа. – 2013. – С. 11–12.

5. Reed C., Robinson A.J., Smart D. Techniques for Monitoring Structural Behaviour of Pipline Systems. United States / Christopher Reed, Alastair J. Robinson, David Smart // American Water Works Association, 2004.

6. Логунова Е.А. Математические модели систем поддержки принятия решений // Физико-математические науки и информационные технологии: проблемы и тенденции развития: сб. ст. по матер. IV междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2012.

УДК 621.039.531

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИИ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ В РЕАЛИСТИЧНОЙ МОДЕЛИ ОБОГАЩЕННОГО ХРОМОМ ПРЕЦИПИТАТА СПЛАВА FE–CR

Свистунов И.Н., Колокол А.С.

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, e-mail: dicor@yandex.ru, kolokol_as@dhtp.kiae.ru

Работа посвящена молекулярно-динамическому моделированию диффузии точечных дефектов в модели обогащенного хромом преципитата сплава Fe-22ат.%Cr при температуре 700 К, построенной по данным атомно-зондовой томографии. Исследование проводится с целью изучения механизмов радиационно-индуцированной сегрегации в сплавах. Диффузионные подвижности элементов сплава через искусственно созданные одиночные точечные дефекты анализировались путем моделирования временных зависимостей среднеквадратичных отклонений атомов. В ходе анализа полученные диффузионные подвижности в реалистичной модели, построенной на основе экспериментальных данных, сравнивались с соответствующими данными для упрощенной модели преципитата. Было показано, что диффузионная подвижность железа через вакансии и междоузлия в реалистичной модели существенно отличается от данных, полученных в упрощенной модели. В свою очередь, поведение хрома в этих моделях практически одинаковое. Так же было установлено качественное различие в механизмах диффузии между моделями.

Ключевые слова: сплав Fe-Cr, диффузия, точечный дефект, молекулярная динамика, обогащенный хромом преципитат

STUDY OF POINT DEFECTS DIFFUSION IN A REALISTIC MODEL OF CROMIUM ENRICHED PRECIPITATE IN FE-CR ALLOY

Svistunov I.N., Kolokol A.S.

National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, e-mail: dicor@yandex.ru, kolokol_as@dhtp.kiae.ru

This article is devoted to the molecular-dynamic simulations of the diffusion of point defects in the model of the chromium enriched precipitate of Fe-22ат.%Cr alloy at temperature of 700K. The model reproduces the experimental data of atom probe tomography of the alloy. This study is part of the task of studying the mechanisms of radiation-induced segregation in these alloys. The diffusion mobility of alloy elements via a single point defect were analyzed by the study of time dependencies of mean square displacements of atoms. During the analysis the obtained diffusion coefficients in the realistic model were compared with the corresponding data for the simplified model of the precipitate. It has been shown that diffusion mobility of iron via vacancies and interstitials in the realistic model is significantly different from the data obtained in the simplified model. In turn, the behavior of chromium is almost the same in these models. A qualitative difference in diffusion mechanisms between the models was also revealed.

Keywords: Fe-Cr alloy, diffusion, point defect, molecular dynamics, chromium-rich precipitate

Fe–Cr сплавы являются основой ферритно-мартенситных и ферритных сталей – перспективных реакторных конструкционных материалов. Для моделирования явления радиационно-индуцированной сегрегации (РИС), существенно влияющей на ряд радиационных явлений в этих сплавах под облучением [1], необходимы точные данные о диффузионных характеристиках точечных дефектов и компонентов сплава, которые, в частности, зависят от атомарной концентрации хрома в сплаве и температуры сплава. Если в разбавленных сплавах для формирования представлений о соотношении диффузионных подвижностей элементов сплава достаточно оценить энергетические барьеры миграции точечных дефектов в нескольких вариациях ближайшего окружения дефекта, то в случае концентрированных сплавов из-за огромного числа энергетически неэквивалентных конфигураций ближайшего окружения дефекта необходимо проводить детальное исследование его траекторий. Такое исследование междоузельного механизма диффузии для сплавов Fe-(5–25)ат.%Cr было произведено методом классической молекулярной динамики в работе [2], где авторы обнаружили сильную зависимость соотношения диффузионных подвижностей элементов сплава от атомарной концентрации хрома в сплаве. По вакансионной диффузии в данных сплавах в мировой литературе подобных исследований не встречалось. Стоит отметить, что в концентрированных сплавах Fe-Cr с атомарной концентрацией хрома выше 8–10% при определенных термических и радиационных воздействиях могут образовываться обогащенные хромом преципитаты различного размера [3]. Данные образования так-

же должны влиять на диффузионные подвижности точечных дефектов и элементов сплава. Для более точного вычисления этих важных диффузионных характеристик необходимо оценить влияние на них присутствия в сплаве обогащённых хромом преципитатов. Естественно, результат данной оценки будет напрямую зависеть от выбора структурной модели данных преципитатов. В исследованиях каскадов атомных смещений вблизи подобных преципитатов модель преципитата обычно представляла собой шар с содержанием хрома в матрице от 85 до 95 ат.% [4]. Однако данные атомно-зондовой томографии работы [3] свидетельствуют о монотонно убывающей радиальной зависимости концентрации хрома в подобных преципитатах, в усреднении по всем объемам последних не превышающей 66 ат.% для сплава с 22 ат.% хрома.

Целью данной работы являлось построение реалистичной модели преципитата в сплаве Fe-22ат.%Cr по данным статьи [3] и анализ диффузионных подвижностей элементов этой модели через одиночные точечные дефекты при температуре 700 К. Данная температура существенно ниже температуры гомогенизации моделируемых сплавов и позволяет набрать достаточную статистику прыжков одиночного дефекта, что критически важно при моделировании диффузии вакансии. Приоритетной частью проводимого исследования являлся сравнительный анализ данных, полученных для радиально структурированной модели, с данными упрощенной модели, где хром в кластере распределялся случайно. Естественно, средние атомарные концентрации хрома в моделях при этом задавались одинаковыми. Предложенный в работе подход по использованию структурных моделей, построенных на основе детальных экспериментальных данных, может способствовать решению фундаментальной проблемы верификации расчетных и экспериментальных данных.

Материалы и методы исследования

Для построения молекулярно-динамической ячейки, содержащей обогащенный хромом преципитат, использовался программный комплекс atomsk [5]. Размер МД-ячейки выбирался из условия достаточного объема для содержания в ней основных концентрационных слоев шарового преципитата и составлял $14a_0 \times 14a_0 \times 14a_0$, где a_0 – равновесный параметр решетки, при котором достигается нулевое среднее давление в системе. Центр преципитата задавался в центре кристаллита. Атомарные концентрации хрома в шаровых слоях толщиной 3 Å приведены в таблице.

Концентрационные профили моделей обогащенного хромом кластера

Слой	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1–12
Реалистичная модель													
Cr,%	100	82	73	70	61	57	49	39	36	30	26	19	49
Упрощенная модель													
Cr,%	49												49

Упрощенная модель преципитата задавалась несколькими способами: случайным распределением по всем узлам кристаллита заданного количества атомов хрома или же заданием в каждом шаровом слое средней концентрации хрома, что позволяло более равномерно распределить хром в кристаллите. МД-моделирование построенных этими способами упрощенных систем не выявило принципиальных различий между ними.

МД-моделирование производилось с помощью программного комплекса классической молекулярной динамики LAMMPS [6] на вычислительном кластере HPC2 НИЦ «Курчатовский институт». Созданная МД-ячейка с периодическими граничными условиями моделировалась при 700 К в NVT ансамбле и имела структуру ОЦК кристалла. Временной шаг для всех моделирований составлял 1 фс. Взаимодействия атомов описывались с помощью двусвязной модели потенциала (2BM) [7], основанной на формализме метода погруженного атома (EAM). К сожалению, данная модель потенциала не имеет реализации в программном комплексе LAMMPS в виде отдельного стиля, однако использование стиля hybrid/overlay и стиля eam/fs, который позволяет задать отдельным файлом каждую связь 2BM модели, делает возможным использование этого потенциала в данном программном комплексе. Выбор этого потенциала обусловлен тем, что он воспроизводит адекватные значения энергетических барьеров миграции точечных дефектов в разбавленных сплавах железо – хром [7].

Вакансия в созданной кристаллической решетке создавалась путем удаления центрального атома. Для корректного построения и мониторинга ячеек Вигнера – Зейтца на его месте в системе создавалась виртуальная частица, которая не взаимодействовала с атомами системы и не участвовала в тепловом движении. Создание данной частицы для мониторинга диффузии вакансии необходимо из-за особенностей реализации процедуры отслеживания ячеек Вигнера – Зейтца в программном комплексе LAMMPS. Взаимодействие остальных атомов системы задавалось выбранным многотельным потенциалом взаимодействия.

Междоузлие создавалось путем замещения центрального атома системы гантелью <110>, состоящей из двух атомов железа или хрома, находящихся на расстоянии $0{,}5a_0$. В данном процессе, в отличие

от моделирования диффузии вакансии, все частицы участвовали в тепловом движении и взаимодействии.

В качестве исследуемых диффузионных характеристик были выбраны временные зависимости среднеквадратичных отклонений атомов, угол наклона линейных аппроксимаций которых пропорционален диффузионным подвижностям соответствующих элементов моделируемого сплава. Для выявления различий в механизмах диффузий между реалистичной моделью и упрощенной были проанализированы траектории смещения созданных дефектов в системах. Наиболее информативной характеристикой при их анализе в данном случае служит абсолютное значение вектора смещения дефекта в системе без учета периодических эффектов. Данное игнорирование периодических смещений дефекта обусловлено необходимостью отслеживать не траекторию дефекта, а его положение в ячейке, независимо от того, является ли она периодическим образом или нет.

Результаты исследования и их обсуждение

Особенностью молекулярно-динамических исследований диффузии точечных дефектов является то, что вычисляемые среднеквадратичные отклонения атомов даже при моделировании одиночного дефекта позволяют с высокой точностью вычислять диффузионные подвижности соответствующих элементов сплава. Естественно, в этом случае необходим определенный объем статистических данных и усреднение полученных временных зависимостей, так как диффузионный процесс через одиночный дефект в каждом случае протекает по-разному.

На рис. 1 в верхней части представлены типичные временные зависимости среднеквадратичного отклонения атомов железа и хрома при вакансионном механизме диффузии для реалистичной модели (слева) и упрощенной (справа). Стоит уточнить, что на данном рисунке приведены графики неусредненных зависимостей. В нижней части данного рисунка представлены временные зависимости смещения вакансии в моделируемых системах, определяющие представленные выше среднеквадратичные отклонения атомов. Подобный анализ первичных данных позволяет увидеть особенности протекающих диффузионных процессов, в то время как усреднение, незначительно изменяя количественные данные наклона соответствующих кривых, не позволяет проанализировать особенности каждого отдельного процесса.

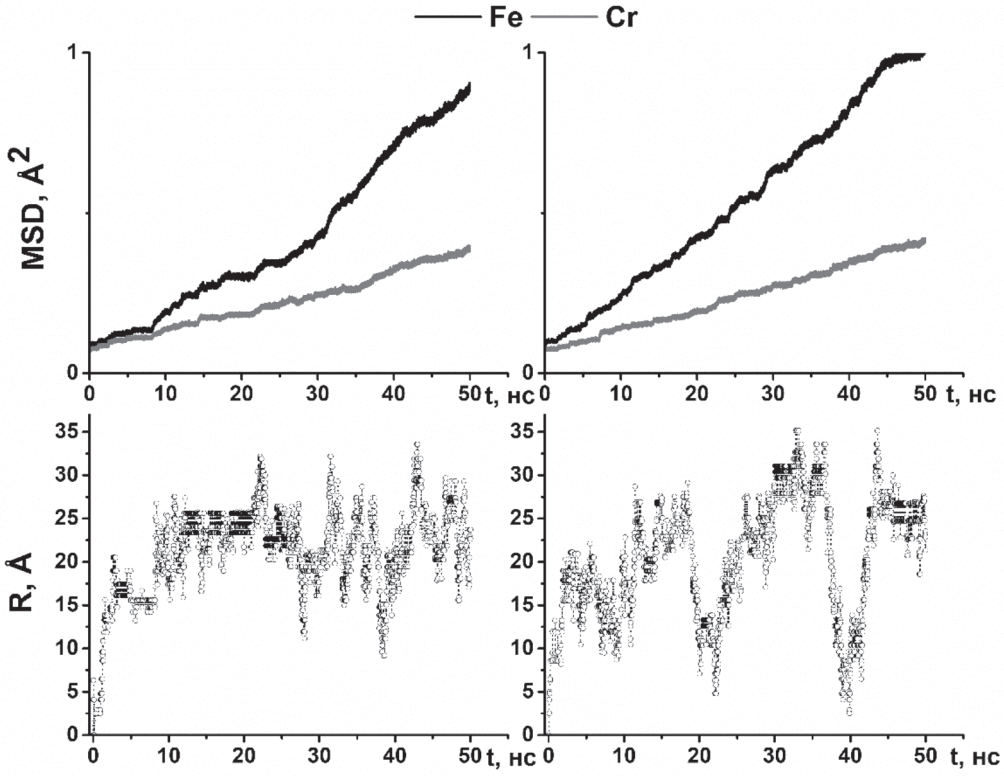


Рис. 1. Временные зависимости среднеквадратичных отклонений атомов железа и хрома (сверху) и соответствующие зависимости смещения вакансии (снизу), полученные для реалистичной (слева) и упрощенной (справа) моделей при температуре 700 К

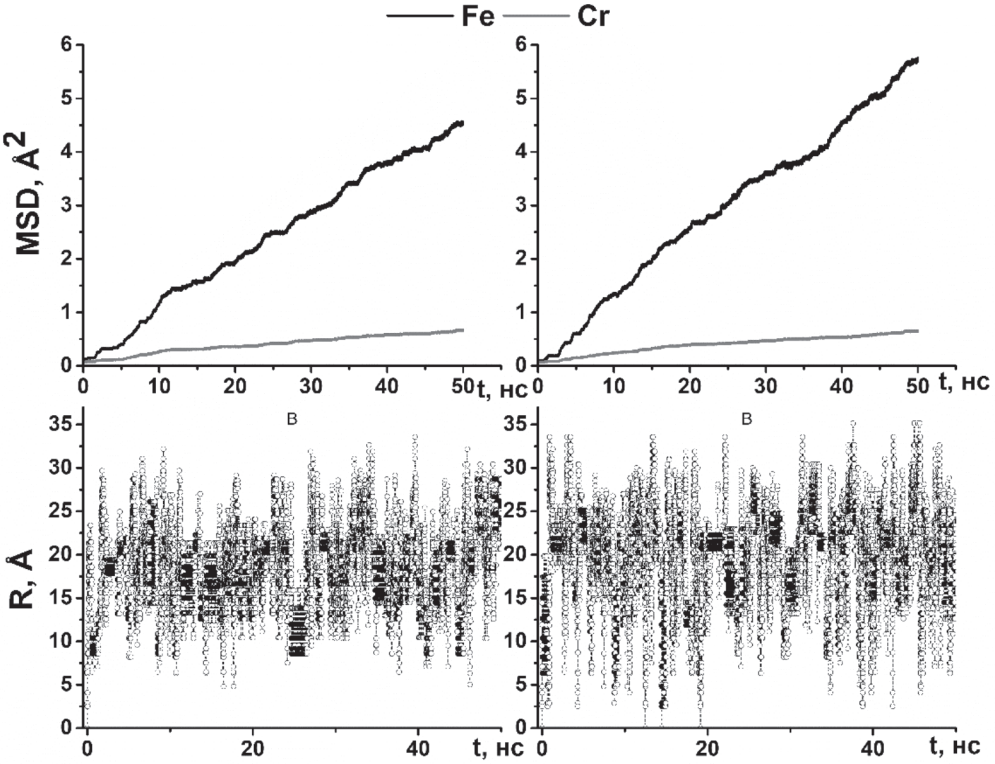


Рис. 2. Временные зависимости среднеквадратичных отклонений атомов железа и хрома (сверху) и соответствующие зависимости смещения междоузлия (снизу) полученные для реалистичной (слева) и упрощенной (справа) моделей при температуре 700 К

Как видно из рис. 1, для реалистичной модели характерен меньший наклон временной зависимости среднеквадратичного отклонения атомов железа, что при усреднении всех данных показало 19%-ное уменьшение диффузионной подвижности атомов железа по сравнению с упрощенной моделью. При этом рассчитанные диффузионные подвижности атомов хрома у моделей оказались практически одинаковыми, что видно на рис. 1 по наклону соответствующих зависимостей. Таким образом, можно сразу отметить, что диффузия хрома через вакансию протекает в моделях одинаково и структурные особенности модели никак не влияют на данный процесс. Следует отметить, что в данных моделях хром значительно медленнее железа, что не характерно для сплавов с объемной концентрацией хрома ниже 25%, где вакансионная диффузия хрома протекает быстрее, чем у железа [1]. Этот факт позволяет сделать вывод о принципиальном отличии вакансионной диффузии в обогащенных хромом преципитатах от остальной части сплава.

Анализ временных зависимостей смещения вакансии в моделях показывает наличие временных промежутков, в которых вакансия, вероятно, перескакивая туда-обратно в малой области одного узла, практически не меняет своего смещения. Этот процесс замедляет диффузионную подвижность атомов, что представлено на графиках временных зависимостей среднеквадратичного отклонения атомов в виде «полочек» с малым углом наклона на данных временных промежутках. С другой стороны, видно, что области возрастания и убывания графика смещения вакансии коррелируют с ростом диффузионных подвижностей атомов. Важной особенностью диффузии вакансии во всех моделированиях реалистичной модели являлось то, что вакансия не возвращалась в центральную часть системы, где концентрация хрома максимальна (см. таблицу). В случае упрощенной модели со случайным распределением хрома вакансии возвращались в центральную часть, что заметно по нижним графикам рис. 1. Можно сделать вывод, что вакансии в данном сплаве «избегают» областей с существенным преобладанием атомов хрома. Согласно рис. 1, вакансия основную часть времени моделирования проводила на расстоянии 18-24 Å от центра системы, что по таблице соответствует слоям с атомарным содержанием хрома

в 60–40%. В «угловых» слоях ячейки с атомарными концентрациями меньше 30% она не задерживалась, на основании чего можно сделать вывод, что локальные концентрации хрома ниже 60% не являются «барьером» для диффузии вакансий.

На рис. 2 представлены аналогичные рис. 1 данные, полученные при моделировании междоузельной диффузии через одиночный дефект. Соотношение полученных диффузионных подвижностей атомов хрома и железа по междоузельному механизму в исследуемых моделях свидетельствует о малой подвижности хрома через междоузлия при данных концентрациях хрома в моделях. Это полностью соответствует результатам работы [2], где при исследовании сплавов с концентрацией хрома 5–25% было показано существенное уменьшение подвижности хрома по междоузлиям при повышении концентрации хрома в сплаве. Из рис. 2 видно, что диффузионная подвижность атомов железа по междоузлиям у реалистичной модели существенно ниже, чем у упрощенной. Усреднение всех зависимостей показало уменьшение диффузионной подвижности атомов железа в реалистичной модели на 22% по сравнению с данными для упрощенной модели. Как и в случае вакансионной диффузии, в реалистичной модели междоузлие не возвращалось в центр системы, но, по сравнению с вакансионными данными, приближалось существеннее ближе к нему, что видно по графикам нижней части рис. 1 и рис. 2. Можно сделать вывод, что междоузлия все же «избегают» областей с сильным преобладанием в компонентном составе хрома, но в меньшей степени чем вакансии.

Заключение

В настоящей работе построена реалистичная молекулярно-динамическая модель обогащенного хромом преципитата по экспериментальным данным атомно-зондовой томографии сплава железо – хром с 22% содержанием хрома после облучения. Используя построенную модель, было проведено исследование диффузии элементов сплава через одиночные точечные дефекты в обогащенных хромом преципитатах. Все моделирования проводились при температуре 700 К.

Анализ полученных данных проводился путем сравнения диффузионных подвижностей атомов реалистичной модели, рассчитанных по соответствующим временным зависимостям среднеквадратичных отклонений, с данными, полученными в рамках простой модели со случайным распределением хрома. Установлено, что для атомов железа, диффузионная подвижность которых через одиночные точечные дефекты, как оказалось, в разы превосходит подвижность хрома, наблюдается существенное (около 20%) снижение подвижности атомов в реалистичной модели по сравнению с упрощенной моделью. Разработанная методика анализа временной зависимости положения дефекта показала качественное различие между двумя моделями: в реалистичной модели диффузия точечных дефектов не протекает изотропно, вакансии в большей степени и междоузлия в чуть меньшей степени «избегают» центральные области преципитата, в компонентном составе которых существенно преобладает хром. С другой стороны, анализ количественных данных в реалистичной модели показал, что атомарные концентрации хрома ниже 60% в локальных областях систем не являются «барьером» для вакансий и междоузлий. Данные «барьеры» в диффузии точечных дефектов требуют дальнейшего изучения и развития соответствующих методик оценки их влияния в целом на диффузионный процесс в моделируемом сплаве.

Основные результаты проведенного исследования показали перспективность дальнейшего развития реалистичных структурных моделей сплава и методик их исследования. В сочетании с непрерывным развитием моделей межатомных потенциалов сплавов железо-хром этот подход может существенно расширить наши представления о механизмах процессов массопереноса в данных сплавах под облучением.

Данная работа была выполнена с использованием высокопроизводительных вычислительных ресурсов федерального центра коллективного пользования НИЦ «Курчатовский институт».

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты № 15-08-01482-а, 16-08-0036-а.

Список литературы

1. Печенкин В.А. Радиационно-индуцированная сегрегация и свойства конструкционных материалов под облучением / В.А. Печенкин [и др.] // Ядерная физика и инжиниринг. – 2013. – № 5 (4). – С. 443–461.

2. Pechenkin V.A., Molodtsov V.L., Ryabov V.A., Terentyev D. On the radiated-induced segregation: Contribution of interstitial mechanism in Fe-Cr alloys // J. Nucl. Mater. – 2013. – V. 433, № 1–3. – P. 372–377.

3. Korchuganova O.A., Thuvander M., Aleev A.A., Rogozhkin S.V., Boll T., Kulevoy T.V. Microstructural evolution of Fe-22%Cr model alloy under thermal ageing and ion irradiation conditions studied by atom probe tomography // J. Nucl. Mater. – 2016. – V. 477. – P. 172–177.

4. Malebro L., Caro A., Wallenius J. Multiscale modelling of radiation damage and phase transformations: The challenge of FeCr alloys // J. Nucl. Mater. – 2008. – V. 382, № 2–3. – P. 112–125.

5. Hirel P. Atomsk: A tool for manipulating and converting atomic data files // Comput. Phys. Comm. – 2015. – V. 197. – P. 212–219.

6. Plimpton S. Fast Parallel Algorithms for Short-Range Molecular Dynamics // J. Comp. Phys. – 1995. – V. 117, № 1. – P. 1–19.

7. Olsson P., Wallenius J., Domain C., Nordlund K., Malerba L. Two-band modeling of α-prime phase formation in Fe-Cr // Phys. Rev. B. – 2005. – V. 72, № 21. – P. 214119-1–214119-4.

УДК 004.65/.01:007

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Троицкая Е.А.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: troickiyv@mail.ru

В статье отмечено, что технологии рефлексивно-деятельностного обучения являются наиболее эффективными при реализации компетентностного подхода в процессе подготовки будущих специалистов. Задача повышения качества профессионального образования рассматривается с позиции совершенствования управления процессом формирования профессиональных компетенций обучающегося. Описаны основные составляющие управления процессом формирования профессиональных компетенций. Показано, что среда управления процессом формирования профессиональных компетенций играет важную роль в условиях интерактивного обучения. Описаны технические, дидактические, учебно-организационные объекты среды управления процессом формирования профессиональных компетенций. Сформулирована математическая постановка задачи оптимального управления процессом формирования профессиональных компетенций. Предложен метод исследования влияния объектов среды управления на процесс формирования профессиональных компетенций. Описаны отдельные результаты экспериментальной работы. Определена значимость факторов в процессе формирования компетенций и оценке уровня развития компетентности.

Ключевые слова: рефлексивно-деятельностная модель обучения, профессиональные компетенции, среда управления процессом формирования профессиональных компетенций, информационная система дистанционного обучения

MODEL OF MANAGING THE PROCESS OF FORMING PROFESSIONAL COMPETENCES IN THE CONTEXT OF DISTANCE LEARNING

Troitskaya E.A.

A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University, Vladimir, e-mail: troickiyv@mail.ru

The article noted that the technology of reflective-active learning are most effective in the implementation of the competence approach in the process of training of future specialists. The task of improving the quality of professional education considered from the position of improving the management of process of formation of professional competence of the student. Describes the main components of managing the process of formation of professional competencies. It is shown that the management environment the process of formation of professional competence plays an important role in terms of interactive learning. Describes the technical, didactic, educational and organizational environment objects control the process of formation of professional competence. Formulated the mathematical formulation of the optimal control of the process of formation of professional competence. The proposed method studies the influence of environment objects control on the process of formation of professional competencies. Describes the individual results of the experimental work. Determined the significance of the factors in the process of formation of competencies and the assessment of the level of competence development.

Keywords: reflexive activity model of learning, professional competencies, the management environment for the process of forming professional competences, information system of distance learning

В настоящее время процесс обучения студентов высших учебных заведений строится на основе компетентностного подхода. При организации дистанционного образовательного взаимодействия активно применяются рефлексивно-деятельностные модели обучения [1]. Они позволяют формировать высококвалифицированных специалистов, отличающихся высоким уровнем компетентности в своей профессиональной области, конкурентоспособностью, а также способностью к самоорганизации и творческой инициативе. В соответствии с этим подходом качество подготовки выпускника определяется уровнем сформированности профессиональных компетенций [2]. Исходя из этого, задача повышения качества образования непосредственно связана с созданием системы управления процессом формирования и оценки уровня развития профессиональных компетенций будущего специалиста. Это предполагает разработку моделей обучения, отражающих современный уровень развития образовательных технологий, опирающихся на применение современных технических средств поддержки учебного процесса.

В данной статье рассматривается модель среды управления процессом формирования компетенций (СУПФК) студентов в условиях функционирования информационной системы дистанционного обучения (ИСДО).

Анализ работ в области разработки методов и алгоритмов управления процессом формирования компетенций обучающихся в условиях функционирования инфор-

мационной системы дистанционного обучения [3] показал, что его в общем виде можно представить схемой (рис. 1). Здесь y – уровень развития компетенции; f – факторы, влияющие на формирование y; Df, Dy – методики оценки f и y.

Устройство управления (УУ) получает на входе информацию о состоянии факторов f и y, формирует пакет управляющих воздействий U, для достижения запланированного результата R.

$$(f, y, R) \rightarrow U \rightarrow Y.$$

Рис. 1. Управление процессом формирования компетенций

Согласно данной схеме управление процессом формирования профессиональных компетенций можно представить в виде совокупности трех взаимосвязанных элементов:

1. Объект управления – профессиональные компетенции, определяющие уровень развития обучающегося. Это совокупность знаний, умений, навыков, способов деятельности, соответствующих заданному множеству предметов и процессов, принадлежащих сфере профессиональной деятельности и обеспечивающих качественную продуктивную работу [4].

2. Субъект управления – обучающийся, способный к самообразованию, самопознанию и самооценке – необходимому условию и признаку профессиональной компетентности.

3. Среда управления обучением, т.е. внешние факторы, влияющие на формирование профессиональной компетентности обучающегося, а именно дидактическое и организационно-методическое обеспечение процесса обучения, формирующееся с учетом личностных характеристик обучающегося.

Рассмотрим подробнее последний элемент исследуемого нами процесса. Результат обучения определяется уровнем сформированности профессиональных компетенций обучающегося, в основе которых лежит овладение знаниями, умениями, навыками и способами деятельности. Таким образом, для решения задачи управления процессом формирования профессиональных компетенций у данного субъекта обучения за заданный интервал времени в условиях функционирования ИСДО необходимо разработать модель среды управления процессом формирования компетенций, учитывающей специфику данной формы образовательного взаимодействия.

Обобщенную схему ИСДО (рис. 2) представим следующим образом [5].

Основными элементами схемы являются:

1) блок управления процессом обучения (БУПО) – реализует основной алгоритм системы (выбор режима функционирования – ручной, автоматизированный, автоматический; выбор методики обучения; организация взаимодействия блоков системы);

2) блок управления учебными заданиями (БУУЗ) – реализует процедуру выбора учебных заданий (теоретического материала, локального теста, пакет практических заданий и т.д.) в соответствии с предполагаемой стратегией обучения;

3) модель обучаемого (МО) – аккумулирует информацию об индивидуальных характеристиках обучающегося (начальный и текущий уровень обученности, цель обучения, мотивация);

4) блок формирования целей обучения (БФЦО) – производит анализ целей обучения и выбор индивидуальной стратегии обучения;

5) блок оценивания (БО) – служит для определения уровня развития компетенции;

6) блок анализа действий обучаемого (БАДО) и преподавателя (БАДП) – принимает информацию от обучающихся (преподавателей), анализирует ее, инициируя то или иное дальнейшее действие в системе;

7) блок управления диалогом (БУД) – предоставляет интерфейс для пользователей с системой;

8) база данных учебных материалов (БДУМ) – содержит дидактические материалы (тесты, практические задания, контрольные вопросы и т.д.).

Стрелками обозначено направление взаимодействия между блоками:

1) отбор теоретического и практического учебного материала из БДУМ;

2) информация о статусе обучающегося (уровне обученности, цели обучения и др.);

3) информация о стратегии обучения (индивидуальная траектория обучения, целевой учебный план);

4), 5) целевой план обучения;

6) степень развития компетенции;

7) статистика выполнения заданий;

8) автоматизированная корректировка целевого плана;

9) адаптивная корректировка целевого плана преподавателем;

10) информация от обучающегося.

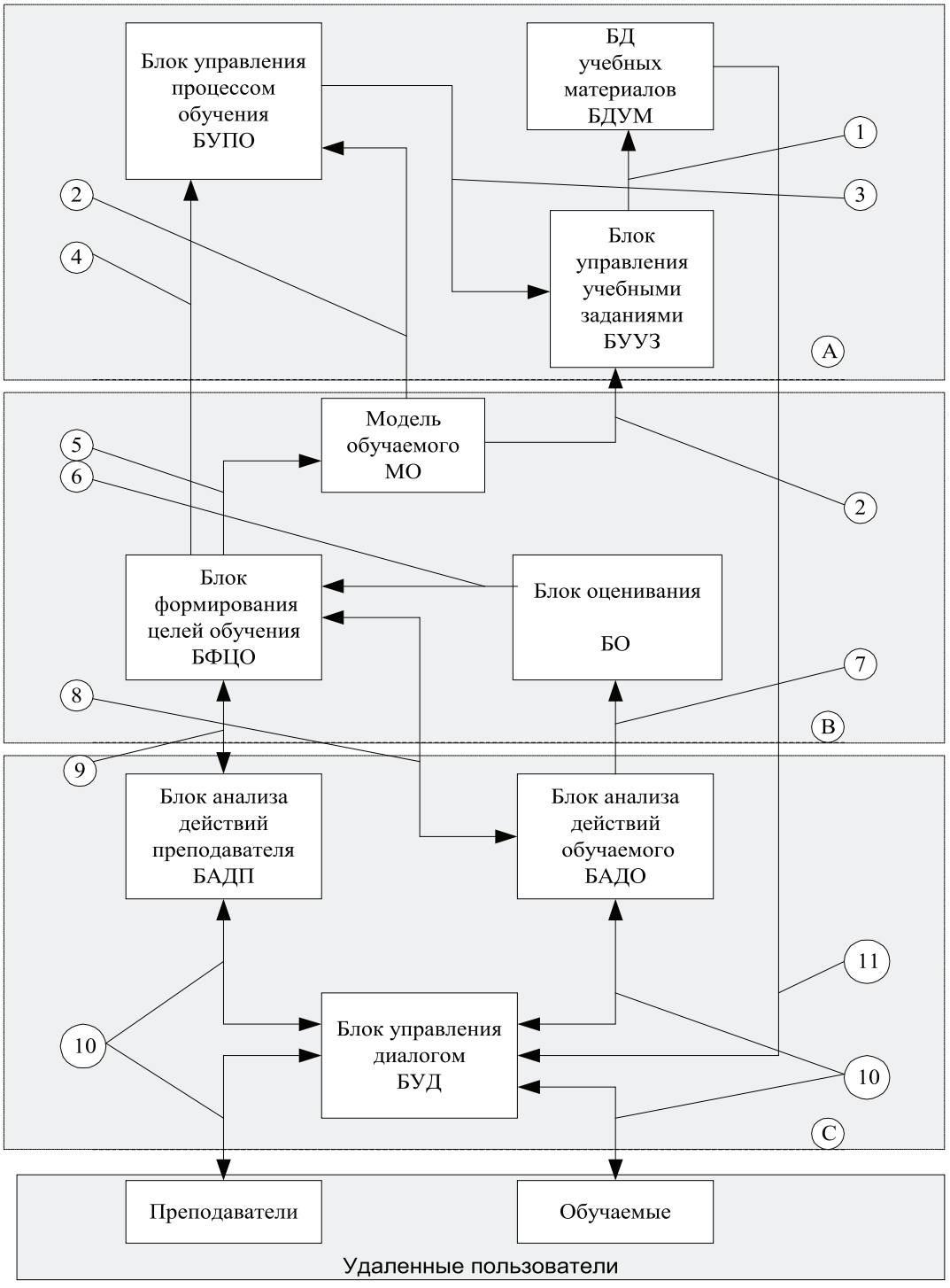


Рис. 2. Схема ИСДО

В нашем случае задача оптимального управления процессом формирования профессиональных компетенций формулируется как максимизация уровня развития компетенции ($y = y(t)$) при ограничении времени обучения ($t = t(f)$). В данном случае f – вектор, состоящий из следующих параметров:

1) $f^1 = \left(f_1^1, f_2^1 \ldots\ldots f_n^1\right)$ – параметры, описывающие начальное состояние обучаемого: уровень обученности, мотивацию, уровень развития навыков интеллектуальной рефлексии и т.п.;

2) $f^2 = \left(f_1^2, f_2^2 \ldots\ldots f_r^2\right)$ – параметры, описывающие начальное состояние учебно-

методических материалов: структура, объем, полнота, содержательность и т.п.;

3) $f^3 = \left(f_1^3, \left(f^1, f^2\right), \quad f_2^3 = \left(f^1, f^2\right) \ldots\ldots f_k^3 = \left(f^1, f^2\right)\right)$ – комбинированные параметры, определяющие индивидуальные стратегии обучения.

Таким образом, задача оптимального управления процессом формирования профессиональных компетенций сводится к максимизации функции $y = y(t)$ на множестве допустимых значений (dz) параметра f^3 при ограничении на время обучения $t(f)$.

$$\begin{cases} y(t) \to \max, \\ t(f) \le t_0, \\ f^3 \in dz, \end{cases} \qquad (1)$$

где t_0 – установленный срок обучения.

Для описания модели СУПФК и определения влияния отдельных факторов на результат формирования профессиональных компетенций были выделены следующие объекты дидактического и учебно-методического характера:

1. Количество и качество теоретических материалов, наполняющих базу данных учебных материалов, которыми оперирует обучающийся в ходе изучения дисциплины (T).

2. Количество и качество материалов для практических работ, которые должен выполнить обучающийся в ходе изучения дисциплины (P).

3. Количество и объем материалов для рейтинговой (курсовой) работы, которую выполняет обучающийся в ходе изучения дисциплины (R).

4. Количество и уровень сложности заданий в интерактивных тестах, которые получает обучающийся, в процессе прохождения локального и итогового контроля знаний по какой-либо дисциплине (IT).

5. Количество и тип методик обучения, применяемых для организации индивидуализированного учебного процесса (M).

В результате получили следующую модель СУПФК, SO = <T, P, R, IT, M>, которую представили в виде знакового графа, где вершинами являются выделенные элементы среды обучения. Для исследования влияния выделенных элементов на процесс формирования компетенций был применен метод Монте-Карло, адаптированный к условиям задачи.

Граф SO задается матрицей смежности K размерности nxn. Вектор варьируемых весов дуг графа:

$$V = (\nu_1, \nu_2, \ldots \nu_k, \ldots\ldots \nu_m). \qquad (2)$$

Вес варьируемой дуги ν_k будет иметь ограничения, которые задаются исходя из эвристических соображений о влиянии объектов процесса формирования компетенций друг на друга:

$$\nu_k \in [\nu_{1к}, \nu_{2к}]. \qquad (3)$$

Собственные значения матрицы К можно представить в виде вектора:

$$\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \ldots \gamma_i, \ldots \gamma_n). \qquad (4)$$

В результате получаем целевую функцию

$$f(V) = \max (|\gamma_1|, |\gamma_2|, \ldots |\gamma_i|, \ldots |\gamma_n|). \qquad (5)$$

Задача определения влияния отдельных факторов среды обучения на процесс формирования профессиональных компетенций сводится к задаче минимизации функции $f(V)$ при заданных ограничениях $\nu_k \in [\nu_{1к}, \nu_{2к}]$, т.е.

$$\begin{cases} f(V) \to \min \\ \nu_k \in [\nu_{1k}, \nu_{rk}] \end{cases}. \qquad (6)$$

Серия экспериментов по определению значимости факторов, оказывающих влияние на процесс формирования компетенций и оценке уровня развития компетентности (K_i), проведенных сотрудниками кафедры «Информатика и защита информации» Владимирского государственного университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, показала следующие результаты.

В ходе исследования были получены усредненные и округленные до сотых значения, которые отражают влияние выделенных выше факторов на уровень развития компетенций (таблица).

Влияние отдельных факторов на результат формирования компетенций

Фактор	T	P	R	IT	M
Значение	0,26	0,42	0,67	0,04	0,3

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на процесс формирования профессиональных компетенций в условиях удаленного обучения оказывают такие факторы, как рейтинговые (курсовые) работы (0,67) и практические задания (0,42). Что вполне объясняется наличием в данных видах учебной деятельности элементов самоорганизации, саморефлексии и активных форм самостоятельной работы с учебным материалом.

Уровень развития компетентности определялся как суммарный показатель степени усвоения обучающимся учебных дисциплин:

$$K_i = K_{1i} + K_{2i} + \ldots . K_{ni}. \qquad (7)$$

Показатели степени усвоения рассматривались в виде отношения объема информации, умений, навыков и способов деятельности к общему объему данных элементов, предложенных обучающемуся в ходе обучения в соотношении со степенью активности влияния основных элементов среды обучения, выделенных в описанной выше модели.

В соответствии с проведенным экспериментом по истечении срока обучения (3,5 лет) уровень компетентности сформировался в пределах 0,71–0,73, что согласно анализу существующих шкал уровней сформированности компетентности [6] является хорошим показателем уровня развития профессиональной компетентности будущего специалиста.

Список литературы

1. Троицкая Е.А. Рефлексивные методы обучения студентов с применением дистанционных технологий / Е.А. Троицкая Т.В. Спирина // Апробация – 2015. – № 11(38). – С. 62.

2. Рефлексивная модель практики образования / М. Липман. – М., 2003. – С. 16–34.

3. Сибикина И.В. К вопросу управления уровнем развития компетенций студента/ И.В. Сибикина // Сб. трудов XXVI Междунар. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-24»: Т. 11. Секция 9,13 / под общ. ред. В.С. Балакирева. – Саратов: Изд-во Сарат. гос. техн. ун-та, 2011. – С. 152–153.

4. Хуторской А.В. Системно-деятельностный подход в обучении / А.В Хуторской // Научно-методическое пособие. – М.: Издательство «Эйдос»; Издательство Института образования человека, 2012. – 63 с.

5. Троицкая Е.А. Методические подходы к автоматизации процесса формирования индивидуальной стратегии обучения решению задач предметной области: автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.02 / Е.А. Троицкая; [Место защиты: Ин-т информатизации образования Рос. акад. образования]. – Москва, 2008. – 16 с.

6. Ларионова О.Г. Управление становлением компетенций бакалавра / О.Г. Ларионова, Н.В. Емельянова, Т.Г. Макусева // Вестник Казанского технологического университета. Казань: Изд-во Казанского техн. ун-та, 2014. – С. 308–312.

УДК 004.312.46:677.054

ДИНАМИКА УПРУГОЙ СИСТЕМЫ БАТАННОГО И РАПИРНОГО МЕХАНИЗМОВ МЕТАЛЛОТКАЦКИХ СТАНКОВ ТИПА СТР

Тувин А.А., Максимов А.А., Аллямов Р.Р.

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», Иваново, e-mail: tuvin@ivgpu.com

Воздействие колебательных и деформационных процессов можно значительно уменьшить на этапе проектирования или модернизации металлоткацких станков. Эту задачу можно решить путем разработки динамической и математической моделей исполнительных механизмов станка при учете упругости элементов их привода. При решении подобных технических задач для тривиализации математической модели будем считать, что деформируемые элементы привода являются абсолютно упругими, то есть они не имеют диссипативных свойств. Предложена математическая модель решения задачи о вынужденных колебаниях упругой системы батанного и рапирного механизмов металлоткацких станков типа СТР, которая применима к нестационарным условиям работы станка (разгон, установившийся режим с учетом неравномерности вращения главного вала, останов). Данная модель позволит повысить качество анализа влияния колебательных процессов в приводе станка на изгибно-крутильные колебания бруса батана и оценить технологические и конструктивные параметры модернизируемых или проектируемых механизмов.

Ключевые слова: ткацкий станок, батан, брус, рапирный механизм, модель, вынужденные колебания

DYNAMICS OF RESILIENT SYSTEM OF BATANNY AND RAPIER MECHANISMS OF METALWEAVER'S STR MACHINES

Tuvin A.A., Maksimov A.A., Allyamov R.R.

Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, e-mail: tuvin@ivgpu.com

The influence of deformation and oscillatory processes can be minimized at a design stage or when carrying out modernization of metal weaver's machines. At the solution of similar technical tasks for simplification of mathematical model we will consider that deformable elements are ideally elastic, that is they have no dissipative properties. The mathematical model of the solution of a task on the compelled fluctuations of elastic system the main shaft of the machine – the cam-and-link mechanism of batanny and rapier mechanisms of metalweaver's STR machines which is applicable to non-stationary operating modes of the machine (start-up, set the mode taking into account unevenness of rotation, a stop) is offered. This model will allow to increase quality of the analysis of influence of oscillatory processes in the machine drive on flexural and tortional fluctuations of a bar of the nerd and to estimate technological and design data of the upgraded or designed mechanisms.

Keywords: the weaving loom, the nerd, a bar, the rapier mechanism, model, the compelled fluctuations

Проведем динамический анализ бруса батана и рапирного механизма металлоткацких станков типа СТР с учетом упругости элементов их привода. Используя методику упрощений, рассмотренную в [1], динамическую модель упругой системы батанного и рапирного механизмов приведем к виду, представленному на рис. 1. Динамическая модель содержит четыре взаимосвязанных контура: I и II – контуры главного и промежуточного валов соответственно (рассматриваем как крутильно-колеблющиеся системы с конечным числом степеней свободы); III – контур бруса батана (рассматриваем как изгибно-колеблющуюся систему с распределенными параметрами); IV – контур рапирного механизма (рассматриваем как крутильно-колеблющуюся систему с конечным числом степеней свободы). Первый, второй и четвертый контуры связаны между собой кулачковой передачей, а второй и третий – рычажной.

На рис. 1 введены следующие обозначения: $I_{i,j}$ – моменты инерции масс дисков, характеризующие инерционные свойства механизмов; $Y_б(x, t)$ – абсолютные перемещения сечений бруса батана; $\varphi_{i,j}$ – абсолютные угловые перемещения дисков (i – номер контура, j – номер диска); $EI_б$ – изгибная жесткость бруса; $\mu_б$ – погонная масса бруса; $C_{i,j}$ – коэффициенты жесткости упругих элементов механизмов; $m_б$ – приведенная масса лопасти батана и подбатанного вала; k_n – коэффициент, учитывающий упругое сопротивление системы заправки нитей основы на фазе формирования сетки (коэффициент постели); ω – угловая скорость вращения главного вала (в расчетах принимается постоянной величиной); Π_{12}, Π_{23} – функции перемещения кулачкового и рычажного механизмов соответственно – $\Pi_{12} = \varphi_{22}(\varphi_{13}) = \varphi_{2n-1}(\varphi_{1n-1})$, $\Pi_{23} = Y_б(\varphi_{21}) = Y_б(\varphi_{22}) = Y_б(\varphi_{2n-1}) = Y_б(\varphi_{2n})$; Π_{14} – передаточная функция, учитывающая линейную жесткость (C_x) и линейное сопротивление ($\beta_к$) клиноременной передачи привода – $\Pi_{14} = \varphi_{41}(\varphi_{11})$, (клиноременная передача привода на рис. 1 не показана). При реше-

нии подобных технических задач для упрощения математической модели, используя рекомендации [2], будем считать, что деформируемые элементы батанного и рапирного механизмов являются идеально упругими, то есть они не характеризуются диссипативными свойствами. Тогда движение упругой системы этих механизмов можно представить в виде следующих дифференциальных уравнений:

контур 1 (главный вал)

$$\left.\begin{aligned}
&I_{11}\ddot{\varphi}_{11} + C_{11}(\varphi_{11} - \omega t) + C_{12}(\varphi_{11} - \varphi_{12}) = -M_d - M_c,\\
&I_{12}\ddot{\varphi}_{12} + C_{12}(\varphi_{12} - \varphi_{11}) + C_{13}(\varphi_{12} - \varphi_{13}) = -M_{12},\\
&I_{13}\ddot{\varphi}_{13} + C_{13}(\varphi_{13} - \varphi_{12}) + C_{1\,-1}(\varphi_{13} - \varphi_{1\,-1}) = -M_{13};\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&I_{1\,-1}\ddot{\varphi}_{1\,-1} + C_{1\,-1}(\varphi_{1\,-1} - \varphi_{1\,-2}) + C_1(\varphi_{1\,-1} - \varphi_1) = -M_{1\,-1};\\
&I_1\ddot{\varphi}_1 + C_1(\varphi_1 - \varphi_{1\,-1}) = -M_1;
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

контур 2 (промежуточный вал)

$$\left.\begin{aligned}
&I_{21}\ddot{\varphi}_{21} + C_{21}(\varphi_{21} - \varphi_{22}) = -M_{21},\\
&I_{22}\ddot{\varphi}_{22} + C_{21}(\varphi_{22} - \varphi_{21}) + C_{22}(\varphi_{22} - \varphi_{23}) = M_{13}/\Pi'_{12}(\varphi_{13}),\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&I_{2n-1}\ddot{\varphi}_{2n-1} + C_{2n-2}(\varphi_{2n-1} - \varphi_{2n-2}) + C_{2n-1}(\varphi_{2n-1} - \varphi_{2n}) = M_{1n-1}/\Pi'_{12}(\varphi_{1n-1}),\\
&I_{2n}\ddot{\varphi}_{2n} + C_{2n-1}(\varphi_{2n} - \varphi_{2n-1}) = -M_{2n},\\
&\text{контур 3 (брус батана)}\\
&EI_{\text{б}}Y^{IV}_{\text{б}i}(x_{\text{б}i},t) + \mu_{\text{б}}\ddot{Y}_{\text{б}i}(x_{\text{б}i},t) + k_{\Pi}\left[Y_{\text{б}i}(x_{\text{б}i},t) - Y_{\text{б}i}(x_{\text{б}i},t_1)\right]\sigma(t-t_1)\cdot\sigma(t_2-t) = 0,\\
&i = 1,2\ldots(n-1)
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

контур 4 (рапирный механизм – считаем, что все звенья рапирного механизма являются абсолютно жесткими и учитываем податливость только клиноременной передачи привода)

$$I_{11}\ddot{\varphi}_{11} - \beta_k R_1 i_1 (R_{41}\dot{\varphi}_{41} - R_1 i_1 \dot{\varphi}_{11}) - C_{\text{к}} R_1 i_1 (R_2\varphi_{41} - R_1 i_1 \varphi_{11}) = M_d. \quad (3)$$

В уравнениях (1)…(3) приняты следующие обозначения: $M_{12}, M_{13},\ldots, M_{1n-1}, M_{1n}$ – моменты сопротивления, оказывающие воздействие на главный вал станка со стороны промежуточного вала; M_{1n} – момент сил сопротивления, действующий со стороны механизмов зевообразования, набора товара, отпуска основы; M_{21}, $M_{22},\ldots$, M_{2n-1}, M_{2n} – моменты сопротивления, действующие со стороны батана на промежуточный вал [3]; t_1, t_2 – периоды времени, соответствующие фазам подхода берда к опушке сетки и отходу от нее; $\sigma(t_i t_j)$ – обобщенные функции Хевисайда (единичные функции) [4]; M_d – движущий момент на валу двигателя; M_c – момент сопротивления со стороны рапирного механизма, приведенный к валу двигателя.

Системы уравнений (1) и (2) должны соответствовать граничным условиям в краевых сечениях бруса батана и условиям сопряжения участков бруса. Рассмотрим граничные условия и условия сопряжения участков для бруса батана с тремя лопастями, применяемого на металлоткацком станке СТР-130-М, рис. 2.

$$\left.\begin{aligned}
&EIY''(x_1 = 0,t) - C_{\hat{e}}Y'(x_1 = 0,t) = 0,\\
&EIY'''(x_1 = 0,t) + m\ddot{Y}(x_1 = 0,t) + P(x_1 = 0,t) = 0,\\
&EIY''(x_2 = l_2,t) + C_{\hat{e}}Y'(x_2 = l_2,t) = 0,\\
&EIY'''(x_2 = l_2,t) - m\ddot{Y}(x_2 = l_2,t) - P(x_2 = l_2,t) = 0,\\
&Y(x_1 = l_1,t) = Y(x_2 = 0,t),\\
&Y(x_1 = l_1,t) = Y'(x_2 = 0,t),\\
&EIY''(x_1 = l_1,t) = EIY''(x_2 = 0,t) - C_{\hat{e}}Y'(x_2 = 0,t),\\
&EIY'''(x_1 = l_1,t) = EIY'''(x_2 = 0,t) + m\ddot{Y}(x_2 = 0,t) + P(x_2 = 0,t).
\end{aligned}\right\} \quad (4)$$

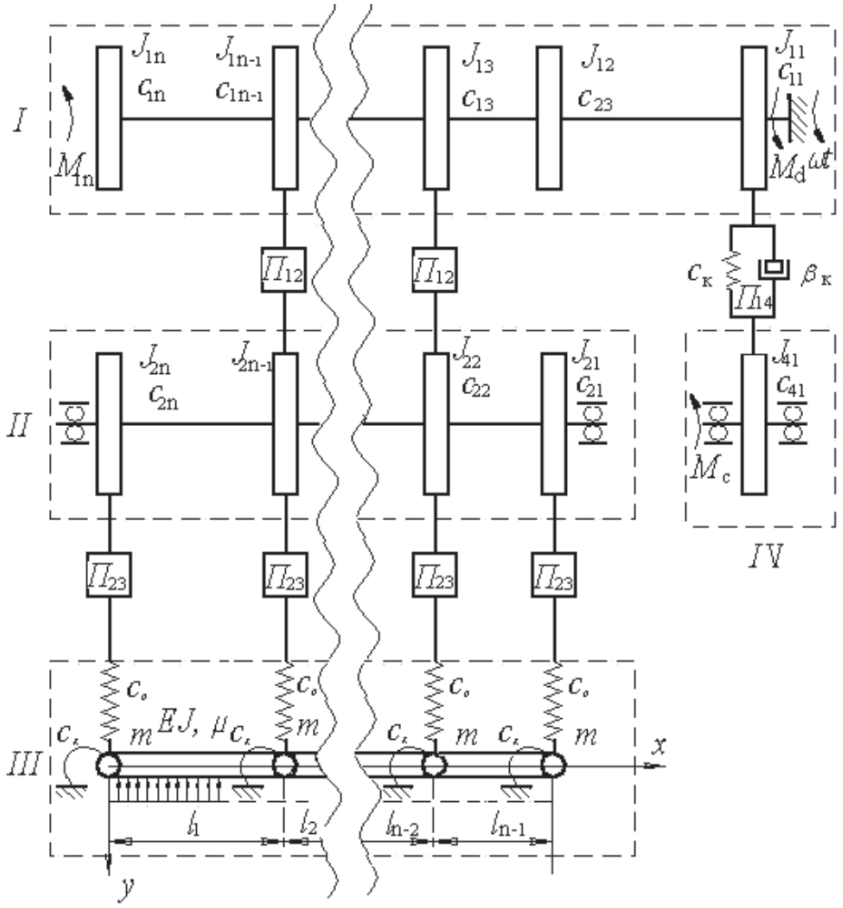


Рис. 1. Динамическая модель кулачково-рычажных батанного и рапирного механизмов при учете упругости элементов привода

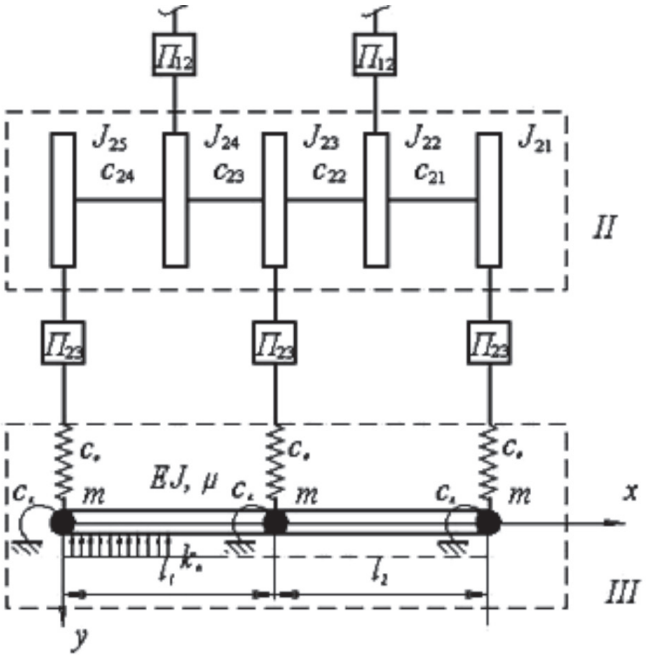


Рис. 2. Динамическая модель трехлопастного кулачково-рычажного батанного механизма при учете упругости элементов привода

В системе (4) обозначено: $C_к$ – приведенная к изгибной крутильная жесткость лопастей батана с учетом жесткости подбатанного вала и его опор; P – усилия, возникающие со стороны привода на сечения бруса батана (характеризуются деформационными параметрами шарнирных соединений рычажной части привода батана).

$$P(x_1 = 0,t) - C_0\left[Y(x_1 - 0,t) - П_{23}(\varphi_{25})\right],$$
$$P(x_1 = l_1,t) - C_0\left[Y(x_1 - l_1,t) - П_{23}(\varphi_{23})\right],$$
$$P(x_2 = l_2t) = C_0\left[Y(x_2 = l_2,t) - П_{23}(\varphi_{21})\right]. \quad (5)$$

Тогда

$$M_{21} = P(x_2 = l_2t)\cdot П'_{23}(\varphi_{21}),$$
$$M_{23} = P(x_1 = l_1t)\cdot П'_{23}(\varphi_{23}),$$
$$M_{25} = P(x_1 = 0_2t)\cdot П'_{23}(\varphi_{25}).$$

Используя относительные координаты, получим
$\psi_{ij} = \varphi_{ij} - \omega t$, i – номер контура; $j = 1,\ldots, n$ – номер контура;

$$\psi_{21} = \psi_{21} - \psi_{22}, \quad \psi_{23} = \psi_{23} - \psi_{22}, \quad \psi_{24} = \psi_{24} - \psi_{23}, \quad \psi_{25} = \psi_{25} - \psi_{24};$$
$$y(x_1,t) = Y(x_1,t) - П_{23}(\varphi_{25}) - \frac{x_1}{l_1}\left[П_{23}(\varphi_{23}) - П_{23}(\varphi_{25})\right];$$
$$y(x_2,t) = Y(x_2,t) - П_{23}(\varphi_{23}) - \frac{x_2}{l_2}\left[П_{23}(\varphi_{21}) - П_{23}(\varphi_{23})\right]. \quad (6)$$

В первой части системы (6) второе и третье слагаемые описывают переносное движение сечений бруса батана. Они учитывают не только кинематическое перемещение бруса, но и перемещение сечений бруса вследствие деформаций звеньев системы привода. В соответствии с рекомендациями [5], функции перемещения $П$ и передаточные функции $П'$ и $П''$ можно аппроксимировать путем разложения их в ряд Тейлора, учитывая только два первых члена ряда

$$П^r_{12}(\varphi_{ij}) = П^r_{12} + П^{r+1}_{12}\cdot\psi_{ij}, \quad i = 1;\ j = 3, n-1;$$
$$П^r_{23}(\varphi_{ij}) = П^r_{23} + П^{r+1}_{23}\cdot\psi_{ij}, \quad i = 2;\ j = 1, 3, 5, \quad (7)$$

где $П^r_{ij}$ – функции от кинематических значений параметра φ_{ij}; r – 0, 1, 2 – порядок производной.

Учитывая выражения (5), (6), (7) и пренебрегая в функциях возмущения малыми членами (второго порядка малости), системы уравнений (1) и (2) представим следующим образом:

для контуров I и II (главный и промежуточный валы)

$$\left.\begin{aligned}
&I_{12}\ddot{\psi}_{12} + (C_{12} + C_{13})\psi_{12} - C_{13}\psi_{13} = 0;\\
&(I_{13} + I_{22}П'^2_{12})\ddot{\psi}_{13} - C_{13}\psi_{12} = (C_{13} + C_{14})\psi_{13} - C_{14}\psi_{14} - C_{21}П'_{12}\psi_{21} - C_{22}П'_{12}\psi_{23} = -I_{22}П'_{12}П''_{12}\omega^2;\\
&(I_{14} + I_{24}П'^2_{12})\ddot{\psi}_{14} - C_{14}\psi_{13} + (C_{14} + C_{15})\psi_{14} - C_{15}\psi_{15} + C_{23}П'_{12}\psi_{24} - C_{24}П'_{12}\psi_{25} = -I_{24}П'_{12}П''_{12}\omega^2;\\
&I_{15}\ddot{\psi}_{15} - C_{15}\psi_{14} + C_{15}\psi_{15} = -M_{15};\\
&I_{41}(\varphi_{41})\ddot{\varphi}_{41} + 1/2[dI_{41}(\varphi_{41})/d\varphi_{41}]\dot{\varphi}^2_{41} + \beta_к R_2(R_2\dot{\varphi}_{41} - R_1i_1\dot{\varphi}_{11}) + c_к R_2(R_2\varphi_{41} - R_1i_1\varphi_{11}) = M_c(\varphi_{41});\\
&I_{11}\ddot{\varphi}_{11} - \beta_к R_1i_1(R_{41}\dot{\varphi}_{41} - R_1i_1\dot{\varphi}_{11}) - c_к R_1i_1(R_2\varphi_{41} - R_1i_1\varphi_{11}) = M_д;\\
&I_{21}\ddot{\psi}_{21} + I_{21}П'_{12}\ddot{\psi}_{13} + C_{21}\psi_{21} + C_0y_2(x_2 = l_2t)П'_{23} = -I_{21}П''_{12}\omega^2;\\
&I_{23}\ddot{\psi}_{23} + I_{23}П'_{12}\ddot{\psi}_{13} + C_{22}\psi_{23} - C_{23}\psi_{24} + C_0y_2(x_2 = 0\,t)П'_{23} = -I_7П''_{12}\omega^2;\\
&I_{25}\ddot{\psi}_{25} + I_{23}П'_{12}\ddot{\psi}_{14} + C_{24}\psi_{25} + C_0y_1(x_1 = 0,t)П'_{23} = -I_{25}П''_{12}\omega^2;\\
&(\psi_{13} - \psi_{14})\cdot П'_{12} - \psi_{23} - \psi_{24} = 0;
\end{aligned}\right\} \quad (8)$$

для контура III (бруса батана)

$$\left.\begin{aligned}
&EI\cdot y_1^{IV}(x_1,t)+\mu y_1(x_1,t)+k_{\Pi}y_1(x_1,t)\sigma(t-t_1)\sigma(t_2-t)=\\
&=-\mu\frac{d^2}{dt^2}\left\{\Pi_{23}(\varphi_{25})+\frac{x_1}{l_1}\left[\Pi_{23}(\varphi_{23})-\Pi_{23}(\varphi_{25})\right]\right\}-\\
&-k_{\Pi}\left\{\Pi_{23}(\varphi_{25})+\frac{x_1}{l_1}\left[\Pi_{23}(\varphi_{23})-\Pi_{23}(\varphi_{25})\right]-Y_1(x_1,t_1)\right\}\sigma(t-t_1)\sigma(t_2-t),\\
&EI\cdot y_2^{IV}(x_2,t)+\mu\ddot{y}_2(x_2,t)+k_{\Pi}y_2(x_2,t)\sigma(t-t_1)\sigma(t_2-t)=\\
&=-\mu\frac{d^2}{dt^2}\left\{\Pi_{23}(\varphi_{23})+\frac{x_2}{l_2}\left[\Pi_{23}(\varphi_{21})-\Pi_{23}(\varphi_{23})\right]\right\}-\\
&-k_{\Pi}\left\{\Pi_{23}(\varphi_{23})+\frac{x_2}{l_2}\left[\Pi_{23}(\varphi_{21})-\Pi_{23}(\varphi_{23})\right]-Y_2(x_2,t)\right\}\sigma(t-t_1)\sigma(t_2-t);
\end{aligned}\right\}\quad(9)$$

для условий сопряжения участков

$$\left.\begin{aligned}
&EIy_1''(x_1=0,t)-C_k y_1'(x_1=0,t)+\Pi'_{23}(\psi_{24}-\psi_{25})/t_1=0;\\
&EIy_1''(x_1=0,t)+m\ddot{y}_1(x_1=0,t)+C_0y_1(x_1=0,t)+m\Pi'_{23}(\Pi'_1\ddot{\psi}_{14}+\ddot{\psi}_{25})=-m\ddot{Y}(\omega t);\\
&EIy_2''(x_2=l_2,t)+C_k y_2'(x_2=l_2,t)+\Pi'_{23}(\psi_{21}-\psi_{23})/l_2=0;\\
&EIy_2''(x_2=l_2,t)-m\ddot{y}_2(x_2=l_2,t)-C_0y_2(x_2=l_2,t)-m\Pi'_{23}(\Pi'_{12}\ddot{\psi}_{13}+\ddot{\psi}_{21})=+m\ddot{Y}(\omega t);\\
&y_1(x_1=l_1,t)-y_2(x_2=0,t)=0;\\
&y_1'(x_1=l_1,t)-y_2'(x_2=0,t)-\Pi'_{23}(\psi_{21}-\psi_{23})/l_2-\Pi'_{23}\left[\psi_{23}-\psi_{25}+\Pi'_{12}(\psi_{13}-\psi_{14})\right]/l_1=0;\\
&y_1''(x_1=l_1,t)-y_2''(x_2=0,t)+C_k y'(x_2=0,t)+\Pi'_{23}(\psi_{21}-\psi_{23})/l_2=0;\\
&EIy_1''(x_1=l_1,t)-EIy_2''(x_2=0,t)-m\ddot{y}_2(x_2=0,t)-m\Pi'_{23}(\Pi'_{12}\ddot{\psi}_{14}+\ddot{\psi}_{24})-C_0y_2(x_2=0,t)=m\ddot{Y}(\omega t).
\end{aligned}\right\}\quad(10)$$

Выражения (8)…(10) являются системой дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами. Для решения данной системы воспользуемся методом условного осциллятора [5].

Проанализируем систему однородных уравнений, состоящую из уравнений (8) и (10) с правыми частями равными нулю. Считаем, что частное решение данной системы будет иметь вид аналогичный решению системы с постоянными коэффициентами:

$$\psi_i=\sum_{n=1}A_{in}\cdot\cos p_n t,$$

$$y_j(x_j,t)=\sum_{n=1}X_{jn}\cdot\cos p_n t. \qquad (11)$$

Учитывая выражение (9), уравнение форм изгибных колебаний бруса батана будет иметь следующий вид:

$$X_{jn}(x_j)=A_{j1n}S(kx_j)+A_{j2n}T(kx_j)+$$
$$+A_{j3n}U(kx_j)+A_{j4n}V(kx_j). \qquad (12)$$

Далее в рассматриваемую нами систему однородных уравнений подставляем уравнения (11) и (12), т.е. получаем систему алгебраических уравнений в отношении неизвестных амплитуд – A_i, A_j. Затем определитель, составленный из коэффициентов полученной системы, приравняем к нулю, таким образом, получим формальное частное уравнение, из которого определяются зависимости $p_n(t)$ корней этого уравнения от времени.

В работе [5] показано, что если соблюдается требование

$$\left|0{,}5\frac{\ddot{p}_n(t)}{p_n^3(t)}-0{,}75\frac{p_n^2(t)}{p_n^4(t)}\right|<<1, \qquad (13)$$

то рассматриваемую нами систему можно причислить к системам с медленно изменяющимися параметрами. Тогда, применяя метод условного осциллятора [5], запишем решение однородной системы уравнений в следующем виде:

$$\psi_i = \sum_n \psi_{i,n} = \sum_n A_{i,n}(\tau)\cos\left[\int_0^t p_n(v)\,dv\right], \ddot{\psi}_i = \sum_n \ddot{\psi}_{i,n} = -\sum_n A_{i,n}(\tau)p_n^2(\tau)\cos\left[\int_0^t p_n(v)\,dv\right], \quad (14)$$

$$y_j(x,t) = \sum_n y_{jn}(x,t) = \sum_n X_{jn}(x,\tau)\cos\left[\int_o^t p_n(v)\,dv\right], \ddot{y}_j(x,t) = \sum_n \ddot{y}_{jn}(x,\tau)p_n^2(\tau)\cos\left[\int_0^t p_n(v)\,dv\right], \quad (15)$$

где $\tau = \varepsilon t$ – медленное время; ε – малый параметр. К тому же один из амплитудных коэффициентов для каждой формы, для примера A_{1n} считают равным $A_{1i}(\tau) = \sqrt{\frac{p_n(0)}{p_n(t)}}$.

Коэффициенты $A_{in}(\tau), i \neq 1$ можно найти, если решение (15) с учетом (12) подставить в систему однородных уравнений, полученную из выражений (8) и (10). Так как $A_{1n}(t)$ и $p_n(t)$ известны, то имеющаяся система позволит рассчитать оставшиеся коэффициенты форм упругих колебаний исследуемой динамической модели. Для решения систем уравнений вынужденных колебаний (8) и (9) воспользуемся способом разложения подлежащих нахождению функций в ряд по собственным формам

$$\psi_i = \sum_n A_{in}(\tau)T_n(t), \quad (16)$$

$$y_j(x_{j,t}) = \sum_n X_{jn}(x_{j,\tau})T_n(t). \quad (17)$$

Обозначим $W(x, t)$ – правую часть первого уравнения системы (9). После преобразований, учитывая выражение (7), имеем

$$W(x,t) = -\mu\frac{d}{dt^2}\left\{\Pi_{23} + \Pi'_{23}\left(\Pi'_{23}\psi_{13} + \psi_{25}\right) + x_1\Pi'_{23}\left[\Pi'_{12}\left(\psi_{12} - \psi_{13}\right) + \psi_{23} - \psi_{25}\right]/l_1\right\} -$$
$$-k_n\left\{\Pi_{23} + \Pi'_{23}\left(\Pi'_{12}\psi_{13} + \psi_{25}\right) + x_1\Pi'_{23}\left[\Pi'_{12}\left(\psi_{12} - \psi_{13}\right) + \psi_{23} - \psi_{25}\right]/l_1 - Y\left(x_1,t\right)\right\}\cdot$$
$$\cdot\sigma(t - t_1)\sigma(t_2 - t). \quad (18)$$

Возмущающую функцию $\Pi_{23}(\omega t)$ разложим в ряд по собственным формам колебаний бруса $\Pi_{23}(\omega t) = \sum_n X_{1n}(x_1,\tau)\cdot\tilde{F}_n(\tau)$. Из условия ортогональности нормальных форм получим $\tilde{F}_n(\tau) = \Pi_{23}(\omega t)\int_0^l X_{1n}(x_1,\tau)dx / \int_0^l X_{1n}^2(x_1,\tau)dx$, то есть, опуская аргументы в правой части,

$$\Pi_{23}(\omega t) = \sum_n \Pi_{23}(\omega t)X_{1n}\int_0^l X_{1n}dx / \int_0^l X_{1n}^2 dx. \quad (19)$$

Соответственно будем иметь

$$Y(x_1,t) = \sum_n Y(x_1,t)X_{1n}\int_0^l X_{1n}dx / \int_0^l X_{1n}^2 dx\ . \quad (20)$$

Принимая во внимание уравнение (12) и что $X_{1n}^{IV}(x_1,\tau) = k^4 X(x_1,\tau)$ и подставляя в первое уравнение системы (9) значения (17), (19) и (20) функций $\Pi_{23}(\omega t)$ и $Y(x_1, t)$, для вычисления неизвестных функций $T_n(t)$ получим выражение

$$\left\{\mu\ddot{T}_n + \left[EIk^4 + k_n\sigma(t - t_1)\sigma(t_2 - t_1)\right]T_n\right\}X_{1n} = -\mu\frac{d^2}{dt^2}\left\{\Pi_{23}X_{1n}\int_0^l X_{1n}\,dx / \int_0^l X_{1n}^2\,dx + \Pi'_{23}\left[\Pi'_{12}A_{3n} + A_{9n} + \right.\right.$$
$$\left.+x_1\Pi'_{12}\left(A_{2n} - A_{3n}\right)/l_1 + x_1\left(A_{7n} - A_{9n}\right)/l_1\right]T_n\Big\} - k_n\left\{\left[\Pi_{23} - Y\left(_1,t\right)\right]X_{1n}\,dx / \int_0^l X_{1n}^2 dx + \right.$$
$$\left.+\Pi'_{23}\left[\Pi'_{12}A_{3n} + A_{9n} + x_1\Pi'_{12}\left(A_{2n} - A_{3n}\right)/l_1 + x_1\left(A_{7n} - A_{9n}\right)/l_1\right]T_n\right\}\cdot\sigma(t - t_1)\sigma(t_2 - t). \quad (21)$$

Двукратным дифференцированием соответствующих слагаемых правой части уравнение (21) можно представить в виде

$$\ddot{T}_n + 2F_n(t)\dot{T}_n + G_n^2(t)T_n = Q_n(t). \quad (22)$$

Выполним в уравнении (22) замену переменных:

$$T_n = \exp\left[-\int_0^t F_n(t)dt\right] Z_n(t). \quad (23)$$

Проведем подстановку уравнения (23) в (22), после деления на $\exp\left[-\int_0^t F_n(t)dt\right]$, имеем

$$\ddot{Z}_n + \Phi_n(t)Z_n = L(t), \quad (24)$$

$$\Phi_n(t) = G_n^2(t) - F_n^2(t) - \dot{F}_n(t),$$

где

$$L(t) = Q_n(t)\ e\exp\ \left[\int_0^t F_n(t)dt\right].$$

Представим общее решение уравнения (24) как результат сложения общего решения однородного уравнения

$$\ddot{Z}_n + \Phi_n(t)Z_n = 0 \quad (25)$$

и частного уравнения (24), а именно:

$$Z_n = C_{1n} + C_{2n} + \overline{Z}_n \quad (26)$$

где z_{1n}, z_{2n} – линейно независимые решения уравнения (25); $\overline{Z}_n$ – частотное решение уравнения (24); C_{1n}, C_{2n} – произвольные постоянные, удовлетворяющие начальным условиям.

Решения уравнения (25) имеют вид

$$z_{1n}\sin\left(\int_0^t\sqrt{\Phi_n(t)dt}\right),\ z_{2n}\cos\left(\int_0^t\sqrt{\Phi_n(t)dt}\right).$$

Частотное уравнение $\overline{Z}_n$ – можно найти, используя метод вариации произвольных постоянных. Получим

$$\overline{Z}_n = \frac{1}{\Delta_0}\int_0^t\left[Z_1(\tau)Z_2(t) - Z_2(\tau)Z_1(t)\right]L(\tau)dt,$$

где $\Delta_0 = Z_1\dot{Z}_2 - \dot{Z}_1Z_2 = \text{const}$.

Решение выражения (26) найдено, значит, найдены и решения уравнений (23) и (25). В соответствии с четвертым уравнением системы (8) имеем $\psi_3 = (M_4 + I_4\ddot{\psi}_4 + C_4\psi_4)/C_4$.

Для рассмотрения учета воздействия технологического сопротивления M_4 на колебательный процесс бруса батана функцию $\psi_3(\psi_4 M_4)$ необходимо подставить в выражение (18), при этом адекватным образом изменится правая часть уравнения (21).

Выводы

Предложена математическая модель решения задачи о вынужденных колебаниях упругой системы батанного и рапирного механизмов металлоткацких станков типа СТР, которая применима к нестационарным условиям работы станка (разгон, установившийся режим с учетом неравномерности вращения главного вала, останов). Данная модель позволит повысить качество анализа влияния колебательных процессов в приводе станка на изгибно-крутильные колебания бруса батана и оценить технологические и конструктивные параметры модернизируемых или проектируемых механизмов.

Список литературы

1. Тувин А.А. Развитие научного и методического обеспечения процессов проектирования оборудования и технического контроля производства тканых металлических сеток: дис. … докт. техн. наук / А.А. Тувин; [Место защиты: ИГТА]. – Иваново, 2012. – 433 с.

2. Суров В.А. Динамика упругих систем батанных механизмов металлоткацких станков / В.А. Суров, А.А. Тувин. – Иваново: ИГТА, 2004. – 188 с.

3. Суров В.А. Обобщённая теория динамики упругих систем батанных механизмов и её приложение к рапирным металлоткацким станкам: дис. … докт. техн. наук / В.А. Суров; [Место защиты: ИГТА]. – Иваново, 2005. – 366 с.

4. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. – М.: АСТ: Астрель, 2010. – 703 с.

5. Вульфсон И.И. Динамические расчеты цикловых механизмов / И.И. Вульфсон. – Л.: Машиностроение, 1976. – 328 с.

УДК 004:65.012.123

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С УЧЁТОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

Ченцов С.В., Краснов И.З., Сидарас А.А.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: ASidaras@sfu-kras.ru

Настоящая статья посвящена исследованию проблемы учёта человеческого фактора при управлении информационными системами и обеспечении их устойчивости. В статье рассмотрена проблема человеческого фактора, относительно которой проведён анализ причин деструктивного воздействия пользователей на информационную систему, рассмотрено понятие компетентность как совокупность личностных и профессиональных качеств субъекта относительно профильного вида деятельности. Проведено статистическое исследование в рамках изучения психологических особенностей людей на основе дифференциального подхода с целью выявления склонности к конкретному виду деятельности. На основании статистического исследования выведены закономерности для построения математической модели. Дана математическая модель информационной системы, сформулированы правила для расчёта компетентности, дана общая постановка задачи обеспечения устойчивости информационных систем с учётом человеческого фактора.

Ключевые слова: компьютерная информационная система, инсайдер, человеческий фактор, компетентность, дифференциальный подход, компетентность, устойчивость функционирования

SUSTAINABILITY OF INFORMATION SYSTEMS WITH THE ACCOUNT OF THE HUMAN FACTOR

Chentsov S.V., Krasnov I.Z., Sidaras A.A.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: ASidaras@sfu-kras.ru

This article is dedicated to the study of the problem of accounting the human factor in the management of information systems and ensuring their sustainability. There is analyzes of the causes of the destructive impact of users on the information system in this article. The concept of competence as an aggregate of personal and professional qualities of the subject regarding to the profile type of activity is considered. Statistical research within the framework of studying the psychological characteristics of people based on a differential approach for revealing the propensity to a particular type of activity is done. A mathematical model of the information system is given. Rules for the calculation of competence are formulated; a general statement of the problem of ensuring the stability of information systems with the consideration of the human factor is given.

Keywords: computer information system, insider, human factor, competence, differential approach, competence, sustainability of functioning

Анализ причин деструктивного воздействия пользователей

В современных условиях информатизации общества одним из решающих факторов, определяющих устойчивость функционирования информационной системы, является человеческий фактор. По данным исследования 2016 г., проведенного компанией InfoWatch [1], самым распространенным и опасным видом внутренней угрозы корпоративным информационным системам (далее КИС) является активное влияние человека на управляемую систему. Среди распределения утечек по вектору воздействия на инсайдера приходится 61,8%. В данной статье под инсайдером подразумевается пользователь КИС, имеющий доступ к системе управления обработкой информации. При таком положении дел технические средства защиты КИС оказываются практически бесполезными. Деструктивные действия инсайдеров негативно сказываются на устойчивом функционировании КИС. Под устойчивым функционированием информационной системы понимается свойство осуществлять требуемые преобразования информации, сохраняя выходные реакции в пределах допусков, установленных спецификацией, при воздействии таких факторов нестабильности, как ошибки исходных данных программ, некорректные действия персонала, отказы и сбои оборудования [2]. В управлении системой остро ощущается необходимость перехода от несистематизированного и подавляющего своим объемом набора лучших практик к комплексу инструментов управления с учетом человеческого фактора [3]. На сегодняшний день крайне редко исследования отражают тот факт, что в современных условиях информатизации общества одним из решающих факторов, определяющих устойчивое функционирование КИС, является высокий уровень профессионализма пользователей, допущенных к информационным ресурсам (далее ИР). Поэтому проблема управления системой с учетом человеческого фактора приобретает актуальность решения задачи снижения деструктивного воздействия на КИС пользователей с низким уровнем профессионализма.

Российские стандарты ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 [4], ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001 [5] утверждают, что системы организационных и технических мер защиты будут наиболее эффективны, в рамках построения СУИБ, при максимальном ограничении пользователей к ИР.

Международный стандарт СОВIT 5 [6] рекомендует во главу управления бизнес-процессами, основанными на информационных технологиях, ставить людей с высоким уровнем профессионализма, определяемого как компетентность. Предлагая учитывать компетентности персонала, документ не предлагает методики расчёта уровня компетентности.

Человеческий фактор. Алгоритм управления

Развитие методологии управления позволило сформулировать структуру управленческой деятельности и выделить компоненты теории управления, учитывающие деятельность человека [7]. В данном случае учет человеческого фактора выразится в его активном влиянии на процесс управления, являясь положительной обратной связью при принятии управленческого решения, основанного на анализе психологических свойств человека. Это заостряет взгляд на проблему, которая усугубляется отсутствием системы идентификации пользователей информационной системы с учетом индивидуальных психологических свойств каждого. «Важной задачей является оптимальное распределение функций между человеком и машиной со всеми присущими ему свойствами и собственными целями» [8].

Такая постановка вопроса является основой в решении актуальной задачи обеспечения устойчивого функционирования КИС с учетом человеческого фактора. В соответствии с теорией ограниченной рациональности в принятии решений, невозможность или целесообразность нахождения оптимального решения может быть обусловлена факторами ограниченности когнитивных возможностей управленца (он не может в требуемое время проанализировать все возможные альтернативы и вынужден остановиться на первой найденной альтернативе, которая приводит к устраивающему его значению критерия эффективности) [9].

В системе может быть много компонентов накопления и обработки разнородной информации (формирование баз данных пользователей, статистическая обработка количественной информации, оптимизация принятия решения), в результате с помощью СППР формируется набор допустимых решений. Важнейшими компонентами СППР являются методы и алгоритмы обработки априорной информации при решении задачи адаптации персонала КИС в соответствии с психологическими свойствами каждого относительно требований и условий предстоящей деятельности.

Влияние человеческого фактора на устойчивость КИС определяется уровнем профессионализма человека и напрямую зависит от индивидуальных психологических свойств, уровня образования и навыков в работе каждого. Также следует отметить, что на данный момент не существует руководств и методик по управлению деятельностью пользователей с учётом их личностных качеств, знаний, умений и навыков, определяемых как компетентность. Наиболее предпочтительным является динамическое управление деятельностью пользователей, суть которого заключается в отслеживании и прогнозировании деятельности пользователей с учетом индивидуальных психологических свойств и образовательного уровня относительно требуемого вида деятельности с целью контроля перехода пользователя КИС в категорию инсайдера.

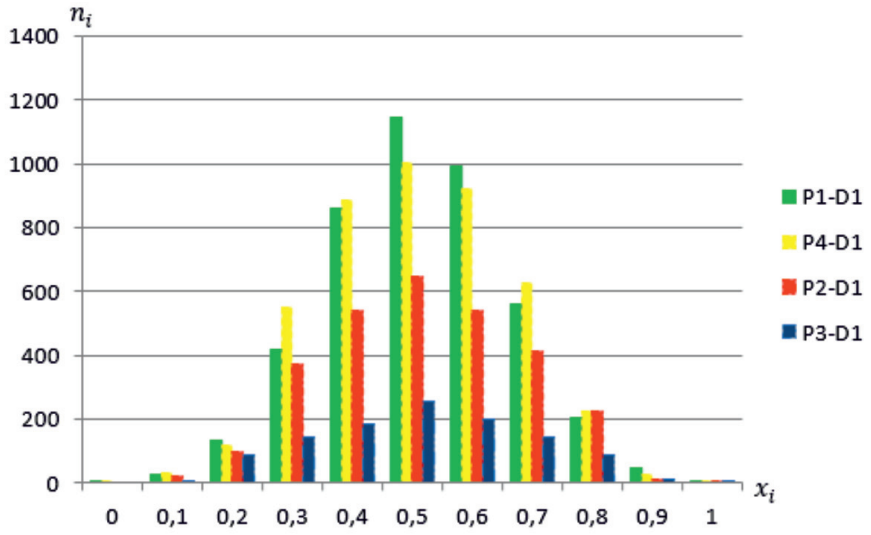
Статистическое исследование

Выбор управления с учетом расчетного уровня компетентности стал возможен после проведения анализа результатов статистического исследования в рамках изучения психологических особенностей людей на основе дифференциального подхода, целью которого является выявление склонности к конкретному виду деятельности [10, 11].

При проведении статистического исследования анализировалась степень соответствия между деятельностью и индивидуальными психологическими свойствами пользователей и были получены выборки по видам деятельности при обработке результатов тестирования.

Введём обозначения. Вид профессиональной деятельности $D = \{d_1, d_2, d_3, d_4\}$, d_1 – коммуникативный вид деятельности, d_2 – командный вид деятельности, d_3 – регламентный вид деятельности, d_4 – творческий вид деятельности, $d_i = [0, 1]$, $\sum_{i=1}^{4} d_i = 1$.

Предрасположенность к виду деятельности $P = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}$, p_1 – предрасположенность к коммуникативному виду деятельности, p_2 – предрасположенность к командному виду деятельности, p_3 – предрасположенность к регламентному виду деятельности, p_4 – предрасположенность к творческому виду деятельности, $p_i = [0, 1]$, $\sum_{i=1}^{4} p_i = 1$.



Результаты анализа относительно d_1

Объём выборки 4400 (для P_1 и P_4). Элементы выборки $x_i \in X$ – значения от 0,0 до 1,0 с интервалом 0,1, обозначающие степень соответствия p_i требуемому d_i, где 0,5 – максимальное соответствие, 0 и 1 соответственно минимальные соответствия d_i к p_i. Частоты встречаемости элементов выборки n_i сопоставлены в соответствии с x_i.

Для выборок относительно d_2, d_3, d_4 проведены аналогичные исследования. В итоге для всех четырех типов D были получены графики распределения. По данному графику, на рисунке, видна следующая динамика – даже при максимальном соответствии p_i к d_i ($x_6 = 0{,}5$) число успешных обращений различается (наибольшее у $p_i = d_i$, минимальное у $p_i = d_{1+((i+1) \bmod 4)}$). При проверке закона распределения числа успешных обращений по критерию согласия Пирсона при $pi = di$ закон подчиняется нормальному, для остальных – нет. В результате статистического исследования выявлено, что требуемому виду деятельности в КИС соответствуют конкретные индивидуальные психологические свойства пользователей.

Математическая модель КИС. Постановка задачи исследования

Для постановки задачи устойчивого функционирования КИС с учётом человеческого фактора необходимо произвести её описание. КИС можно представить множеством критичных информационных ресурсов (объектов), посредством которых множество пользователей (субъектов) может произвести деструктивное воздействие на КИС.

Введём дополнительные обозначения. Объекты КИС $O = \{o_1, o_2, \ldots, o_n\}$. Субъекты КИС $S = \{s_1, s_2, \ldots, s_m\}$. Степень критичности информационного ресурса $C = \{c_1, c_2, c_3\}$, c_1 – конфиденциальная информация, c_2 – информация для служебного пользования, c_3 – общедоступная информация. Образовательная характеристика $Q = \{q_1, q_2, q_3, q_4\}$, q_1 – образование и опыт в профессиональном виде деятельности, q_2 – образование в профессиональном виде деятельности, q_3 – опыт в профессиональном виде деятельности, q_4 – отсутствие образования и опыта в профессиональном виде деятельности, $q_i = [0, 1]$, $\sum_{i=1}^{4} q_i = 1$. Право доступа к информационному ресурсу $R = \{r_1, r_2, r_3, r_4\}$, r_1 – право доступа на чтение, запись и удаление, r_2 – право доступа на чтение, запись, r_3 – право доступа на чтение, r_4 – Право доступа к ресурсу отсутствует, $r_i = [0, 1]$, $\sum_{i=1}^{4} r_i = 1$. Матрица доступа субъект-объектных отношений $M[s, o] = r$. Расчётный уровень компетентности для субъекта s, относительно вида деятельности d $Km[s, d]$, $Km[s, d] = [0, 1]$. Вес для степени критичности ресурса $V[c]$, $V[c] = [0, 1]$.

Каждый ИР (объект $o \in \{O\}$) соотносится с одним из видов профессиональной деятельности $d \in \{D\}$ и имеет свою степень критичности $c \in \{C\}$. В свою очередь каждый (субъект $s \in \{S\}$) обладает предрасположенностью к требуемому виду деятельности $p \in \{P\}$ и имеет собственную образовательную характеристику $q \in \{Q\}$.

Доступ к объектам КИС регламентируется правами доступа $r \in \{R\}$ в матрице доступа (МД), проиндексированной множеством критичных информационных ресурсов (объектами $\{O\}$) и множеством пользователей (субъектами $\{S\}$) КИС. Субъект $s \in \{S\}$ по отношению к виду профессиональной деятельности $d \in \{D\}$ обладает расчётным уровнем компетентности $Km[s, d]$ и, в соответствии с ним относительно степени критичности ресурса $c \in \{C\}$, ему присваивается право доступа $r = M[s, o]$.

На основании закономерностей, описывающих приоритеты элементов p_i и p_j друг перед другом относительно d_k [12] уже возможно составить правила для определения компетентности.

Правило 1: Km $[s, d]$ считается максимальным, если

$$(p_i \in \{P\}) = (d_i \in \{D\}) \text{ и } q \in \{Q\} = q_1;\ i = \overline{1,4}\ . \quad (1)$$

Правило 2: $Km\ [s, d]$ считается минимальным, если

$$(p_i \in \{P\}) = (d_{1+((i+1) \bmod n)} \in \{D\}) \text{ и } q \in \{Q\} = q_4;$$
$$i = \overline{1,4}\ . \quad (2)$$

Правило 3: Остальные значения $Km\ [s, d]$ подчиняются правилу:

Правило 2 не выполняется

$$\text{и } (p_i \in \{P\}) \neq (d_i \in \{D\}) \text{ и } q \in \{Q\} = q_i;\ i = \overline{1,4}\ . \quad (3)$$

Правило 1 говорит о том, что при совпадении предрасположенности p_i и d_i, а также при наличии максимальной образовательной характеристики $Km\ [s, d]$ максимально. Правило 2 говорит о том, что при полном несовпадении предрасположенности p_j и d_j, а также при наличии минимальной образовательной характеристики $Km\ [s, d]$ минимально. Во всех остальных случаях значение $Km\ [s, d]$ принимает промежуточное значение, которое необходимо рассчитать.

Воздействие, которое управляющее лицо будет выполнять для повышения устойчивости КИС, будет заключаться в том, чтобы повысить уровень компетентности субъекта, назначенного на объект. Этого можно добиться несколькими способами. Во-первых, можно увеличить образовательную характеристику субъекта, иначе говоря повысить ему квалификацию с точки зрения его знаний, умений и навыков. Во-вторых, можно произвести глубокий реинжиниринг персонала, произведя переназначение субъектов к объектам. Второй вариант позволит при меньших затратах (расход на дополнительное обучение, повышенная стимуляция) добиться сравнимых либо больших результатов с точки зрения устойчивости КИС. Создание технологии, учитывающей психологические свойства пользователя, уровень образования и опыт работы, сгруппированные по расчетным уровням компетентностей, может значительно улучшить устойчивость функционирования КИС за счет предоставления санкционированного доступа к соответствующему ИР.

В результате выбора второго варианта необходимо добиться распределения доступа субъектов к информационным ресурсам с соблюдением правила, чем выше уровень $Km\ [s, d]$, тем больше прав доступа к ресурсу у пользователя.

Таким образом, для обеспечения устойчивого функционирования КИС необходимо множеству информационных ресурсов {O} сопоставить субъектов $\{S\}$ с максимальным расчетным уровнем компетентности $Km\ [s, d]$.

На основании вышеизложенных утверждений и установленных правил (1), (2), (3) общая постановка задачи исследования выглядит следующим образом:

$$\forall s_i, o_j : M[s, o], \max Km\ [s, d]\ s_i \in \{S\},$$
$$d \in \{D\},\ o \in \{O\}. \quad (4)$$

Заключение

Разработка системы разграничения доступа пользователей к корпоративным ресурсам на основании матрицы доступа в соответствии с расчетным уровнем компетентности пользователя является актуальной задачей повышения функционирования информационной системы с учетом человеческого фактора как основного ресурса производства. Поэтому становится очевидной актуальность данной темы исследования в области обеспечения устойчивого функционирования корпоративной информационной системы с учетом человеческого фактора.

Список литературы

1. InfoWatch. Глобальное исследование утечек конфиденциальной информации в 2016 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.infowatch.ru/analytics/reports/17479 (дата обращения: 23.03.2017).

2. Александров С.Л. Процессы организаций при выполнении требований ГОСТ Р ИСО 9001 // Методы менеджмента качества. – 2009. – № 1. – С. 34–39.

3. Новиков Д.А. Методология управления. – М.: Либроком, 2011. – 128 с. (Серия «Умное управление»).

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-3-2013. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности информационных технологий. – Взамен ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-3-2008; введ. 2014 – 09 – 01. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2014. – 100 с.

5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования; введ. 2008 – 02 – 01. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2008. – 26 с.

6. Стандарт CobIT. Управление и аудит информационных технологий. Особенности проведения внешнего аудита ИТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://citforum.ru/consulting/standart_cobit/article1.1.2003459.html (дата обращения: 16.10.2017).

7. Новиков Д.А. Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 160 с. (Серия «Умное управление»).

8. Кабардов М.К. Дифференциальная психология и дифференциальная психофизиология сегодня // Материалы конференции, посвященной 115-летию со дня рождения Б.М. Теплова. – Москва, 2011. – С. 125–130.

9. Новиков Д.А., Смирнов И.М., Шохина Т.Е. Механизмы управления динамическими активными системами. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 124 с.

10. Ильин Е.П. Психология индивидуальных различий. – СПб.: Питер, 2011. – 701 с. (Серия «мастера психологии»).

11. Ильин Е.П. Дифференциальная психология профессиональной деятельности. – СПб.: Питер, 2011. – 432 с. (Серия «мастера психологии»).

12. Краснов И.З. Цыганков Н.С. Алгоритм расчета уровня компетентности относительно требуемой деятельности человека // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – № 2. – С. 127–132.

УДК 539.422.5:691.175:678.5

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ САМОАРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОН ИЗ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Чуков Д.И., Жеребцов Д.Д., Нематуллоев С.Г.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, e-mail: dil_chukov@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию структуры и свойств самоармированных композиционных материалов на основе волокон из СВМПЭ. Получение композиционных материалов осуществлялось с использованием метода термического прессования в области температур, близких к температурам начала плавления волокон, что позволило расплавить определенную часть поверхности каждого из волокон. Были проведены сравнительные исследования физико-механических и трибологических характеристик изотропного СВМПЭ и полученных композиционных материалов. Сохранение ориентированной структуры, присущей исходным волокнам, позволяет получать композиционные материалы, которые по своим характеристикам заметно превосходят изотропный СВМПЭ. Благодаря высоким прочностным характеристикам, низким значениям коэффициента трения и износа, высокому сопротивлению ползучести и биосовместимости, разработанные самоармированные композиционные материалы могут найти широкое применение в различных областях промышленности.

Ключевые слова: самоармированные композиты, СВМПЭ, волокна, физико-механические свойства, коэффициент трения, ползучесть

INVESTIGATION OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF SELF-REINFORCED COMPOSITE MATERIALS BASED ON ULTRA-HIGH MOLECULAR WEIGTH POLYETHYLENE FIBERS

Chukov D.I., Zherebtsov D.D., Nematulloev S.G.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, e-mail: dil_chukov@mail.ru

The aim of this article is study of the structure and properties of self-reinforced composite materials based on UHMWPE fibers. The production of composite materials was carried out using the compression molding method in the temperature range close to the melting point of the fibers, which allowed to melt a certain part of the surface of each of the fibers. Comparative studies of mechanical and tribological properties of isotropic UHMWPE and obtained composite materials were carried out. Preservation of the oriented structure of the initial fibers allows to obtain composite materials with improved properties in comparison with isotropic UHMWPE. Due to its high strength, low values of friction coefficient and wear rate, high creep resistance and biocompatibility, the developed self-reinforced composite materials can be used in various kinds of applications.

Keywords: self-reinforced composites, UHMWPE, fibers, mechanical properties, friction coefficient, creep

Использование полимерматричных композиционных материалов неуклонно растет с каждым годом, что связано с высокими эксплуатационными характеристиками, экономической эффективностью производства и гибкостью процесса производства таких материалов. По сравнению с широко распространенными и применяемыми путями производства традиционных полимерматричных композитов, работа по их рециклингу и утилизации имеет довольно скромные показатели, и вкупе с увеличением областей применения и ростом объемов производства вопрос о переработке становится все более актуальным. В связи с этим среди существующего многообразия композиционных материалов особый интерес представляют так называемые самоармированные композиционные материалы. Эти материалы представляют собой новое семейство композиционных материалов, в которых полимерная матрица армирована ориентированными полимерными волокнами или лентами из того же полимера [1, 2]. Высокоэффективные полимерные волокна в сочетании с такой же полимерной матрицей позволяют полностью переработать СКМ, что обуславливает серьезное преимущество с точки зрения вторичной переработки и утилизации этих материалов. Межфазная граница в СКМ обычно образована кристаллическими сверхструктурами, обеспечивающими хорошую адгезию и, таким образом, эффективность передачи напряжения от матрицы к арматуре [3, 4], что является одним из главных преимуществ СКМ над традиционными волокнистыми композитами. В то же время стандартные подходы получения композитов не всегда реализуемы при получении СКМ, и существует ряд технических проблем, связанных главным образом малым интервалом темпе-

ратур получения [5, 6]. Небольшая разница в температурах плавления волокон и матрицы представляет собой основную проблему во время изготовления, так как обе составляющие имеют в основном идентичную химическую структуру и, следовательно, температуру плавления. Основная трудность совмещения волокон и матрицы в СКМ заключается в сохранении в конечном композите ориентированной структуры, характерной для армирующих волокон, так как при нагреве наблюдается молекулярная релаксация высокоориентированных волокон, что приводит к потере их физико-механических свойств. Температуры в непосредственной близости от температуры начала плавления являются наиболее подходящими для производства СКМ [7, 8].

На сегодняшний день технологии получения СКМ наиболее часто применяется для создания композитов на основе полипропилена, который имеет хороший набор эксплуатационных свойств и сравнительно низкую стоимость [4, 9, 10]. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) благодаря сверхвысоким значениям молекулярной массы является одним из наиболее интересных полимерных материалов с точки зрения комплекса свойств. Получение методом гель-формования волокон, в которых большинство макромолекул находятся в предельно ориентированном состоянии, позволяет значительно увеличивать физико-механические характеристики СВМПЭ, и прочность промышленно производимых волокон из СВМПЭ достигает 4 Гпа. Благодаря сочетанию высоких прочностных характеристик и низкой плотности, СВМПЭ волокна представляют несомненный интерес для создания СКМ на их основе.

В данной работе для получения СКМ был применен подход, основанный на термическом прессовании СВПМЭ-волокон для получения объемных образцов. Настоящая работа посвящена исследованию структуры и свойств полученных композиционных материалов, а также сравнению свойств СКМ с СВМПЭ в изотропном состоянии.

Материалы и методы исследования

В качестве исходного материала разрабатываемых СКМ были выбраны высокоориентированные волокна сверхвысокомолекулярного полиэтилена марки SGX линейной плотностью 220 Дтекс производства «Dyneema» (Голландия). Термическое прессование осуществлялось в области температур, близких к температурам начала плавления волокон, что позволило расплавить определенную часть поверхности каждого из волокон. При охлаждении расплавленная часть затвердевает и связывает структуру вместе, формируя матрицу композиционного материала, как это показано на рис. 1.

Определение механических свойств изотропного СВМПЭ и полученных СКМ при растяжении проводилось на универсальной испытательной машине Zwick Z020, при скорости перемещения активного захвата 10 мм/мин. Трибологические исследования в режиме сухого трения проводились на установке CETR-UMT-3 в режиме возвратно-поступательного движения контртела, в качестве которого выступал шарик из нержавеющей стали диаметром 6,3 мм. Нормальная нагрузка на контакте варьировалась от 5 до 20 Н, скорость перемещения составляла 10 мм/с; длительность испытаний составила 10000 циклов.

Результаты исследования и их обсуждение

Главной проблемой при получении СКМ является сохранение ориентированной структуры армирующих волокон, обеспечивающей высокие физико-механические характеристики, и достижение высокого уровня консолидации, обуславливающей эффективный перенос нагрузки полимерной матрицей на волокна. Именно эти два фактора главным образом будут оказывать решающее влияние на прочностные характеристики получаемых материалов. Результаты физико-механических испытаний изотропного СВМПЭ, самоармированных композитов и СВМПЭ волокон приведены в таблице. Анализ полученных результатов показал, что по физико-механическим характеристикам при растяжении СКМ заметно превосходят изотропный СВМПЭ. Так, например, предел прочности достигает 530 МПа, модуль упругости более 34 ГПа, тогда как для СВМПЭ с изотропной структурой прочность и модуль упругости равны 21 МПа и 750 МПа соответственно. Однако при этом наблюдается значительное снижение относительного удлинения: со значения 770% до 6,2%.

Рис. 1. Схема получения самоармированных композиционных материалов

Физико-механические свойства СВМПЭ

	Плотность, г/см^3	Растяжение (10 мм/мин)			
		Модуль упругости, ГПа	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение,%
СВМПЭ GUR 4120	0,93	0,75	12	21	770
СКМ	0,96	34,8	200	530	6,2
Волокно SK75, Dyneema	0,97	97	–	3000	≤ 4

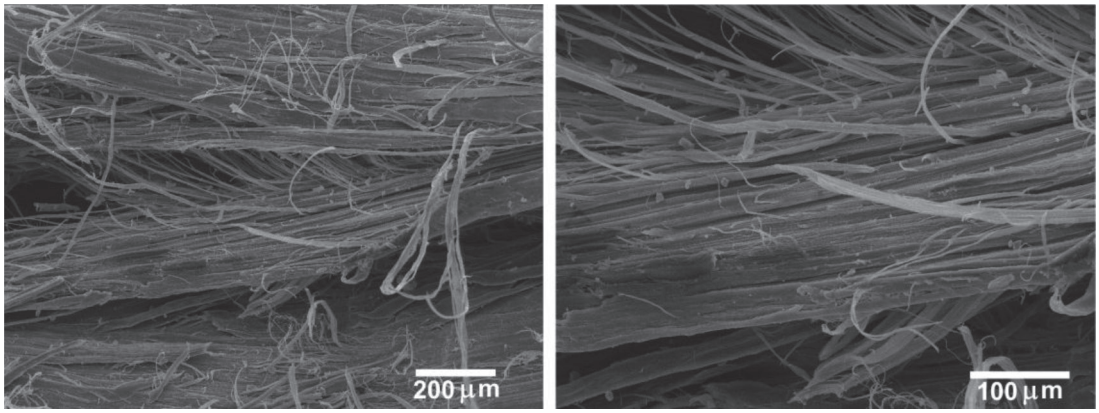


Рис. 2. Микроструктура самоармированных композиционных материалов

Известно, что ориентационное термовытягивание, которому подвергаются СВМПЭ волокна в процессе их получения, приводит к тому, что макромолекулы СВМПЭ ориентируются вдоль направления вытяжки. При продольном нагружении волокон нагрузка распределяется вдоль оси основной полимерной цепи, имеющей связь С-С. Это, с одной стороны, обуславливает высокие механические характеристики СВМПЭ волокон, а с другой стороны, значительно снижает относительное удлинение при разрыве. Полученные СКМ занимают промежуточное положение между изотропным СВМПЭ и волокнами. Из-за частичного плавления волокон в процессе получения свойства композитов ниже, чем у исходных волокон, однако сохранение ориентированной структуры используемых СВМПЭ волокон в конечном композите обеспечивает значительно более высокие физико-механические характеристики по сравнению с СВМПЭ в изотропном состоянии.

Сохранение ориентированной структуры используемых СВМПЭ волокон подтверждается результатами исследований методом сканирующей электронной микроскопии. Как видно из рис. 2, структура СКМ характеризуется наличием ярко выраженной ориентированной структуры и наличием фибриллярной структуры. Фибриллярные образования в структуре материала по своим размерам соответствуют размерам исходных волокон, диаметр которых составляет порядка 15 мкм. Приведенные на рис. 2 поверхности разрушения СКМ свидетельствуют о том, что разрушение материала главным образом происходит по границе раздела, что приводит к «расщеплению» волокон.

Благодаря ряду преимуществ, характерных СВМПЭ, а в особенности из-за биосовместимости, за последние 30 лет этот полимер нашел широкое применение при эндопротезировании крупных суставов в качестве полимерного вкладыша тазобедренного и коленного суставов. Основными проблемами при использовании СВМПЭ в качестве биомедицинских имплантатов являются деформация ползучести, а также чрезмерный износ материала в процессе эксплуатации. Исследования причин необходимости преждевременного вмешательства в сустав показали, что износ и ползучесть являются доминирующими в изменениях, протекающих в эндопротезе [11, 12]. В связи с этим в настоящей работе были проведены сравнительные исследования ползучести и трибологических характеристик изотропного СВМПЭ и разработанных СКМ.

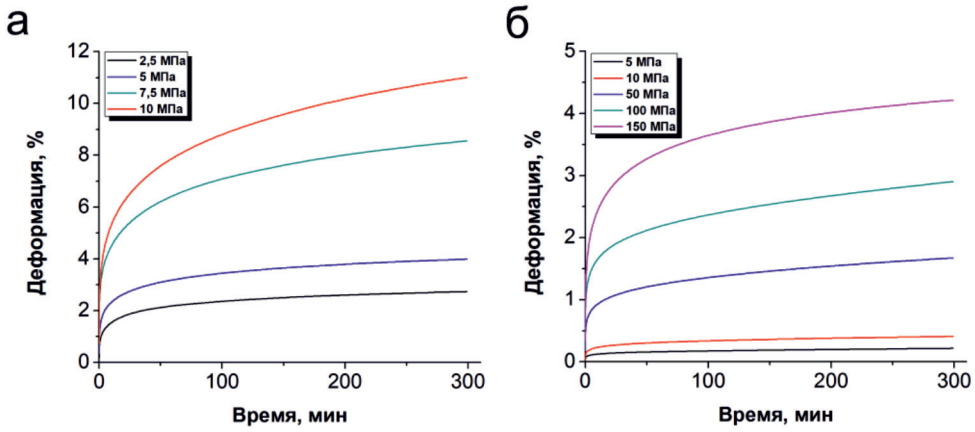


Рис. 3. Временные зависимости деформации ползучести изотропного СВМПЭ (а) и самоармированных композитов (б)

Временные зависимости деформации ползучести изотропного СВМПЭ и СКМ приведены на рис. 3. Значительная разница в выборе нагрузок для исследований ползучести изотропного и самоармированного СВМПЭ обусловлена разницей механических характеристик данных материалов. Испытательная нагрузка выбиралась ниже уровня предела текучести каждого из материалов, и, так как предел текучести изотропного СВМПЭ составляет всего 12 МПа, а для самоармированного СВМПЭ 200 МПа, исследования ползучести проводились при различных нагрузках. Полученные результаты свидетельствуют о том, что большая часть деформации ползучести полимера приходится на начальный период испытаний, этот участок диаграммы соответствует неустановившейся (или затухающей) ползучести. Затем скорость деформации ползучести уменьшается со временем, и наблюдается линейный участок установившейся ползучести. Накопленная деформация изотропного СВМПЭ к концу испытаний при минимальной нагрузке 2,5 МПа составила 2,72 % (рис. 3, а). Двукратное увеличение прикладываемой нагрузки (до 5 МПа) приводит к росту скорости деформации исследуемых образцов, и деформация ползучести достигает значения 3,98 %. В то же время сопротивление ползучести СКМ значительно выше и при такой же нагрузке (5 МПа) деформация к концу испытаний составила всего 0,21 % (рис. 3, б). Проведенные исследования показали, что для изотропного СВМПЭ деформация ползучести к концу испытаний при нагрузке 10 МПа составляет 11 %, а для композитов даже при нагрузке 150 МПа составляет всего 4,2 %.

Известно, что ползучесть полимера главным образом связана с развитием высокоэластической деформации, обусловленной конформационными изменениями. Конформационные изменения в большей степени происходят в макромолекулах аморфных областей, так как силы межмолекулярного взаимодействия между проходными макромолекулами, образующими аморфные области, значительно ниже, чем между макромолекулами, образующими кристаллические области. Благодаря ориентированной структуре с высокой степенью кристалличности, волокна из СВМПЭ не только обладают значительно более высокими физико-механическими характеристиками, но и менее подвержены ползучести под статической нагрузкой по сравнению с изотропным СВМПЭ.

На рис. 4 представлены результаты трибологических испытаний изотропного СВМПЭ и СКМ при различных контактных нагрузках трения. Было обнаружено, что коэффициент трения СКМ более стабилен во времени, в то время как для изотропного СВМПЭ характерны скачки коэффициента трения и большая скорость роста, по сравнению с композитами (рис. 4, а, б). Износ при трении имеет аналогичную тенденцию, и так же увеличивается с увеличением времени испытаний (рис. 4, в, г). Необходимо отметить, что наибольшая интенсивность изнашивания исследуемых материалов приходится на стадию приработки, после чего происходит существенное снижение износа, что подтверждается уменьшением угла наклона кривых износа. Обнаружено, что увеличение нагрузки испытаний приводит к увеличению коэффициента трения, и если для изотропного СВМПЭ коэффициент

трения увеличивается со значения 0,098 до значения 0,108, то для СКМ увеличивается со значения 0,047 до 0,061 при увеличении нагрузки с 5 до 20 Н. Было установлено, что независимо от приложенной нагрузки, коэффициент трения СКМ практически в 2 раза меньше по сравнению с изотропным СВМПЭ.

Снижение коэффициента трения обусловлено улучшением поверхностных свойств СКМ, а также участием армирующих волокон в процессе трения, так как известно, что коэффициент трения ориентированных полимеров, в частности СВМПЭ, ниже, чем у изотропных. Износ композитов также имеет тенденцию к росту с увеличением нагрузки, оставаясь при этом на значительно более низком уровне, по сравнению с износом, характерным для изотропного СВМПЭ: 0,028 и 0,015 мм при нагрузке 5 Н и 0,029 и 0,020 мм при нагрузке 20 Н для СВМПЭ и СКМ соответственно. Увеличение износостойкости, как правило, связано с улучшением объемных свойств композитов, таких как твердость и жесткость, а также передачей нагрузки полимерной матрицей армирующим волокнам, что может приводить к смене механизма изнашивания с адгезионного на усталостный тип [1, 3].

Следует отметить, что в традиционных композиционных материалах, армированных, например, углеродными или стеклянными волокнами, наблюдается увеличение интенсивности износа по мере увеличения объемной доли волокон выше 30 об.% [14], что обуславливается выкрашиванием волокон и образованием твердых частиц износа. Эти частицы в дальнейшем попадают в зону контакта полимера и контртела, что, в свою очередь, сопровождается более высокими значениями коэффициента трения и более интенсивным износом. В СКМ армирующие волокна представляют собой тот же самый материал, что и полимерная матрица, и носят неабразивный характер по отношению к матричному материалу и металлическим или керамическим контртелам. К тому же, благодаря единой природе полимерной матрицы и армирующих волокон, в СКМ, в отличие от традиционных композиционных материалов, возможно образование более прочной и однородной границы раздела. Это способствует снижению вероятности зарождения и распространения трещины на границе раздела волокно – полимер, что является основной причиной усталостного износа, и тем самым снижает износ материала в целом.

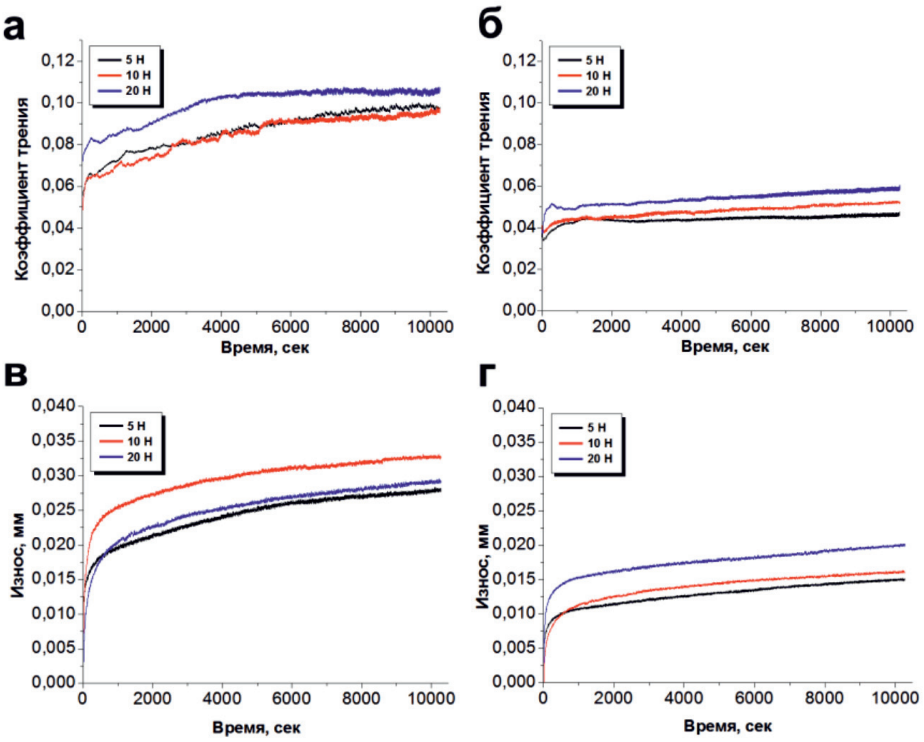


Рис. 4. Коэффициент трения и износ изотропного СВМПЭ (а, в) и самоармированных композитов (б, г) при различных нагрузках

Выводы

В работе были представлены результаты исследований структуры и свойств самоармированных композиционных материалов на основе СВМПЭ волокон. Получение композиционных материалов осуществлялось методом термического прессования в области температур, близких к температурам начала плавления волокон, что приводило к плавлению определенной части поверхности каждого из волокон, что позволяло сформировать матрицу композиционного материала. Структурные исследования показали, что в полученных композитах удается сохранить ориентированную структуру исходных волокон, что обуславливает наличие ярко выраженной фибриллярной структуры СКМ. Благодаря сохранению ориентированной структуры, полученные композиционные материалы по своим физико-механическим и трибологическим характеристикам заметно превосходят изотропный СВМПЭ. Благодаря высоким прочностным характеристикам, низким значениям коэффициента трения и износа, высокому сопротивлению ползучести и биосовместимости, разработанные самоармированные композиционные материалы могут найти широкое применение в различных областях промышленности. Учитывая тот факт, что СВМПЭ является единственным полимерным материалом, разрешенным при эндопротезировании, а разработанные композиты не содержат в себе других компонентов, они могут успешно применяться в качестве полимерных вкладышей эндопротезов, обеспечивая стабильную работу в течение более длительного срока службы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Москвы в рамках научного проекта № 15-33-70027 «мол_а_мос».

Список литературы

1. Kmetty A., Barany T., Karger-Kocsis J. Self-reinforced polymeric materials: A review // Progress in Polymer Science. – 2010. – vol. 35, № 10. – P. 1288–1310.

2. Matabola K.P., Vries A.R.D., Moolman F.S., Luyt A.S. Single polymer composites: a review // Journal of Material Science. – 2009. – vol. 44, № 23. – P. 6213–6222.

3. Izer A., Barany T., Varga J. Development of woven fabric reinforced all-polypropylene composites with beta nucleated homo- and copolymer matrices // Composites Science and Technology. – 2009. – vol. 69. – № 13. – P. 2185–2192.

4. Loos J., Schimanski T., Hofman J., Peijs T., Lemstra P.J. Morphological investigations of polypropylene single-fibre reinforced polypropylene model composites // Polymer. – 2001. – vol. 42, № 8. – P. 3827–3834.

5. Gao C., Yu L., Liu H., Chen L. Development of self-reinforced polymer composites. Progress in Polymer Science. – 2012. – vol. 37, № 6. – P. 767–780.

6. Chen J.C., Wu C.M., Pu F.C., Chiu C.H. Fabrication and mechanical properties of self-reinforced poly(ethylene terephthalate) composites // eXPRESS Polymer Letters. – 2011. – vol. 5, № 3. – P. 228–237.

7. Maity J., Jacob C., Das C.K., Alam S., Singhc R.P. Homocomposites of chopped fluorinated polyethylene fiber with low-density polyethylene matrix // Materials Science and Engineering. – 2008. – vol. 479, № 1–2. – P. 125–135.

8. Xu T., Farris R.J. Matrix Free Ultra-High Molecular Weight Polyethylene Fiber-Reinforced Composites: Process, Structure, Properties and Applications // New Polymeric Materials (American Chemical Society). – 2005. – vol. 916. – P. 391–405.

9. Swolfs Y., Zhang Q., Baets J., Verpoest I. The influence of process parameters on the properties of hot compacted self-reinforced polypropylene composites // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2014. – vol. 65. – P. 38–46.

10. Romhany G., Barany T., Czigany T., Karger-Kocsis J. Fracture and failure behavior of fabric-reinforced all-poly(propylene) composite (Curv®) // Polymers for Advanced Technologies. – 2007. – vol. 18, № 2. – P. 90–96.

11. Rose R.M., Crugnola A., Ries M., Cimino W.R., Paul I., Radin E.L. On the origins of high in vivo wear rates in polyethylene components of total joint prostheses // Clinical Orthopaedics and Related Research. – 1979. – vol. 145. – P. 277–286.

12. Chakrabarty G., Vashishtha M., Leeder D. Polyethylene in knee arthroplasty: A review // Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. – 2015. – vol. 6, № 2. – P. 108–112.

13. Cao S., Liu H., Ge S., Wu G. Mechanical and tribological behaviors of UHMWPE composites filled with basalt fibers // Journal of Reinforced Plastics and Composites. – 2011. – vol. 30, № 4. – P. 347–355.

14. Friedrich K., Lu Z., Hager A.M. Overview on polymer composites for friction and wear application // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. – 1993. – vol. 19, № 1. – P. 1–11.

УДК 004:005

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АНТИКРИЗИСНОГО ПОДХОДА

Шахмаметова Г.Р.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, e-mail: shakhgouzel@mail.ru

В статье рассмотрен подход к предупреждению/ликвидации возникающих кризисных ситуаций в сложных системах на уровне исследования систем, на основе которого сложные системы рассматриваются как системы-объекты и системы-процессы, при этом антикризисный подход определяется как необходимость специальной управленческой деятельности для обеспечения эффективности и безопасности функционирования объекта управления и системы в целом. Формулируется определение кризиса в сложной системе, предложена классификация ситуаций, включающая нормальные, предкризисные и кризисные ситуации. Рассмотрен процесс управления сложной системой на основе антикризисного подхода для предотвращений/преодолений кризисных ситуаций, согласно предложенной структуре. Предложена схема процесса принятия решения для предотвращения/преодоления кризисных ситуаций для систем-объектов и систем-процессов, включающая блок интеллектуальной поддержки принятия решений. Предложена интерпретация этапов жизненного цикла процесса предупреждения/ликвидации кризисных ситуаций в сложной системе.

Ключевые слова: сложные системы, система-объект, система-процесс, управление, принятие решений, антикризисный подход

THE COMPLEX SYSTEMS RESEARCH ON THE BASIS OF CRISIS APPROACH

Shakhmametova G.R.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: shakhgouzel@mail.ru

The approach to the prevention/overcoming of the crisis situations at the level of systems research on the basis of which complex systems are considered as system-objects and system-processes is proposed in the article, at the same time crisis approach is defined as need of special control activity for ensuring efficiency and safety of control object and system functioning. Definition of crisis in complex system is formulated, the classification of situations including normal, pre-crisis and crisis situations is offered. The control process in complex system on the basis of crisis approach for crisis situations prevention/overcoming is considered, according to the offered structure. The scheme of the decision-making process for the crisis situations prevention/overcoming for systems as objects and systems as processes which includes the intelligent support block for decision-making is proposed. The life cycle stages interpretation for the prevention/overcoming process of the crisis situations in complex system is offered.

Keywords: complex systems, system as object, system as process, control, decision making, crisis approach

Основой успешного функционирования сложной системы является принятие решений, адекватных условиям, в которых она функционирует. Реальные условия, как правило, характеризуются воздействием внешней среды, а процесс управления сопровождается помехами, порождающими неопределенность, что может привести к кризису управления. Для обозначения кризисных явлений в разных системах (экономических, организационно-технических, социальных, технических и др.) используется различная терминология. Эти явления обозначаются как критические, аварийные, проблемные, чрезвычайные ситуации. Несмотря на разнообразие природы указанных систем, специфические особенности объектов управления и ресурсного обеспечения в них, можно выделить в них общее с позиций антикризисного подхода – необходимость специальной управленческой деятельности для обеспечения эффективности и безопасности функционирования объекта управления и системы в целом. Кризис управления сложным объектом в неопределенных условиях, кризис принятия решений влечет за собой необходимость использования антикризисного подхода и интеллектуальных информационных технологий. В данной статье рассматриваются вопросы исследования сложных систем как объектов антикризисного управления.

Методология исследования сложных систем

При разработке методологии сложных систем автор придерживается учения о методологии, разработанного Д.А. Новиковым [1–4], а также системного подхода к анализу сложных систем на основе триад [5], согласно которым: 1) сложная система представляется как множество взаимосвязанных элементов, образующих единое целое; 2) сложную систему в зависимости от ее характеристик следует рассматривать как систему-объект либо систему-процесс. Сложная система S есть: $S_u = <\Phi, H, Str, P, Q, Z_{функ}, D>$, где $\Phi = \{\Phi_i\}$ – мно-

жество объектов (элементов, подсистем); $H = \{H_j\}$ – множество связей между ними; *Str* – структура системы; $P = \{P_k\}$ – множество параметров и характеристик элементов системы; $Q = \{Q_n\}$ – множество свойств системы; $Z_{функ}$ – цель функционирования системы; $D = \{D_T, D_{Inf}, D_{MT}, D_E\}$ – множество ресурсов (временных D_T, информационных D_{Inf}, материально-технических D_{MT}, энергетических D_E), необходимых для функционирования системы.

Такое представление сложной системы отражает как строение, свойства системы, характеристики отдельных ее элементов и связей и цель функционирования, так и необходимые ресурсы для функционирования системы (временные, энергетические, информационные, материально-технические) [7].

Предкризисная/кризисная (критическая, предаварийная) ситуация *Sit* возникает, когда выходит из строя один или несколько следующих элементов системы *S*: характеристики $\{P_k\}$ базовых элементов $\{\Phi_i\}$ выходят за рамки допустимых пределов, либо происходит отказ базовых элементов; нарушаются связи $\{H_j\}$ системы и их значения; разрушается структура *Str* системы; изменяются (теряются) жизненно важные свойства $\{Q_n\}$ системы.

Сложная система как объект

Сложная система *S* как объект антикризисного управления есть: $S_u = <\Phi, H, Str, P, Q, Z_{функ}, D, U, Y, \Omega, X, \Gamma, T_{ПУ}, Q_{КС}, Z_{упр}>$, где $U = \{U_c\}$ – множество входных управляющих воздействий/факторов; $Y = \{Y_z\}$ – множество выходов системы; $\Omega = \{\Omega_v\}$ – множество допустимых входных факторов; $X = \{X_n\}$ – множество состояний; $\Gamma = \{\Gamma_k\}$ – множество допустимых выходов; $T_{ПУ} = \{T_{ПЛ}, T_М, T_У, T_А, T_{ТС}\}$ – средства планирования и управления в предкризисной и кризисной ситуациях (технологии планирования $T_{ПЛ}$, модели T_M, технологии управления $T_У$, алгоритмы управления $T_А$, технические средства $T_{ТС}$); $Q_{ПКС} = \{h, \eta, Stb, Str, N_{ПД}, N_{ХД}\}$ – свойства системы в предкризисной и кризисной ситуациях (h – функция перехода из одного состояния в другое, η – функция наблюдения; *Stb* – стабильность и робастность системы; *Str*(x) – структура системы; $N_{КД}$ – наличие колебательных движений; $N_{ХД}$ – отсутствие хаотических движений); $Z_{упр}$ – цель антикризисного управления. Элементы $\{T_{ПУ}\}$, $\{D_v\}$, $\{U_c\}$ относятся к управляющим элементам и необходимы для формирования и реализации управляющего решения. Нарушение их работы ведет к кризису в управляющей системе (кризису управления).

Для описания процесса управления сложной системой как в нормальных, так и в предкризисных/кризисных ситуациях, представим сложную систему в виде следующей укрупненной иерархии (рис. 2).

Где УС – уровень состояний, включающий $\Omega = \{\Omega_v\}$, $X = \{X_n\}$, $\Gamma = \{\Gamma_k\}$; ВВ – входы и выходы системы, включает $U = \{U_c\}$, $Y = \{Y_z\}$; *D* – ресурсы, необходимые для функционирования системы $D = \{D_T, D_{Inf}, D_{МТ}, D_Е\}$; $T_{ПУ}$ – средства планирования и управления $T_{ПУ} = \{T_{ПЛ}, T_М, T_У, T_А, T_{ТС}\}$; $Q_{П/КС}$ – свойства системы в предкризисной и кризисной ситуациях: предкризисная ситуация: $Q_{ПС} = \{h, \eta, Stb, Str, K_Д, N_{РД}\}$; кризисная ситуация: $Q_{КС} = \{N_h, N_\eta, N_{stb}, N_{str}, П_Д, X_Д\}$. Более подробно, с учетом взаимосвязей составляющих элементов, сложную систему можно представить следующим образом (рис. 3).

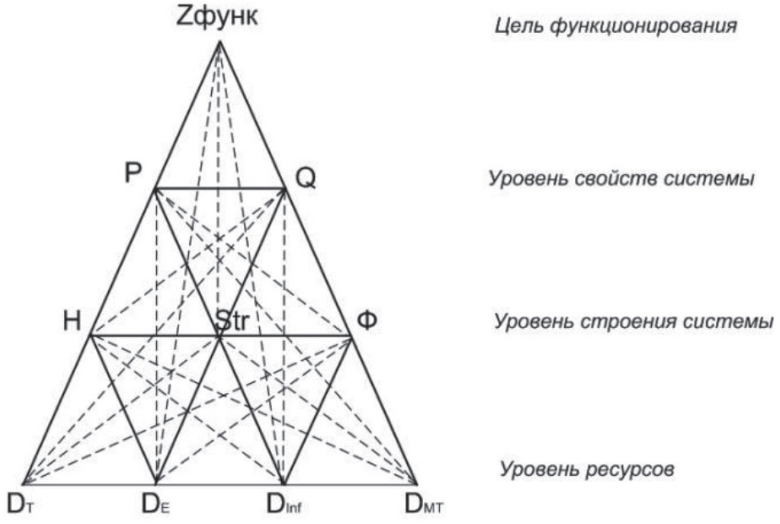


Рис. 1. Сложная система в виде иерархической структуры

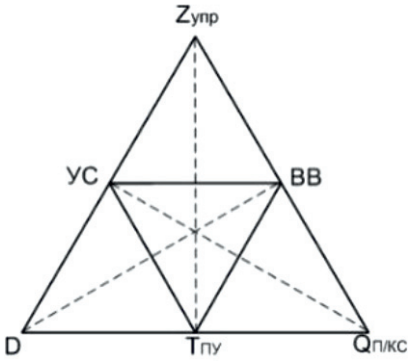


Рис. 2. Верхний уровень иерархии представления сложной системы

На верхнем уровне – цель антикризисного управления, которая может меняться в зависимости от свойств системы и сложившейся ситуации. На втором уровне – входы и выходы системы. На третьем – переменные состояния системы X и множества допустимых входных переменных Ω и допустимых выходных переменных Г. На четвертом уровне располагается уровень ресурсов D – временных DT, информационных DInf, материально-технических DM, энергетических DE. На пятом уровне рассматриваются средства планирования и управления – технологии планирования ТПЛ, модели ТМ, технологии управления $T_У$, алгоритмы управления $T_А$, технические средства $T_{ТС}$. И на последнем, шестом уровне – свойства системы в предкризисной/кризисной ситуациях: h – функция перехода из одного состояния в другое / N_h – неуправляемость системы; η – функция наблюдения / N_η – ненаблюдаемость системы; *Stb* – стабильность и робастность системы / N_{stb} – неустойчивость системы; *Str* – структура системы / N_{str} – деструктуризация системы; $К_Д$ – наличие колебательных движений / $П_Д$ – периодические движения; $N_{РД}$ – неритмические движения / $X_Д$ – хаотические движения. Последние два свойства характеризуют поведение системы. Предполагается, что $K_Д$ и $N_{РД}$ необходимо поддерживать в предкризисной ситуации для предотвращения кризиса. Для кризисной ситуации характерны: неуправляемость сложной системы (невозможность управляемого перехода из одного состояния в другое), ненаблюдаемость (или частичная наблюдаемость), неустойчивость, отсутствие структуры или наличие отдельных несвязанных структур (деструктуризация системы), для поведения системы характерно наличие периодических и хаотических движений, что недопустимо.

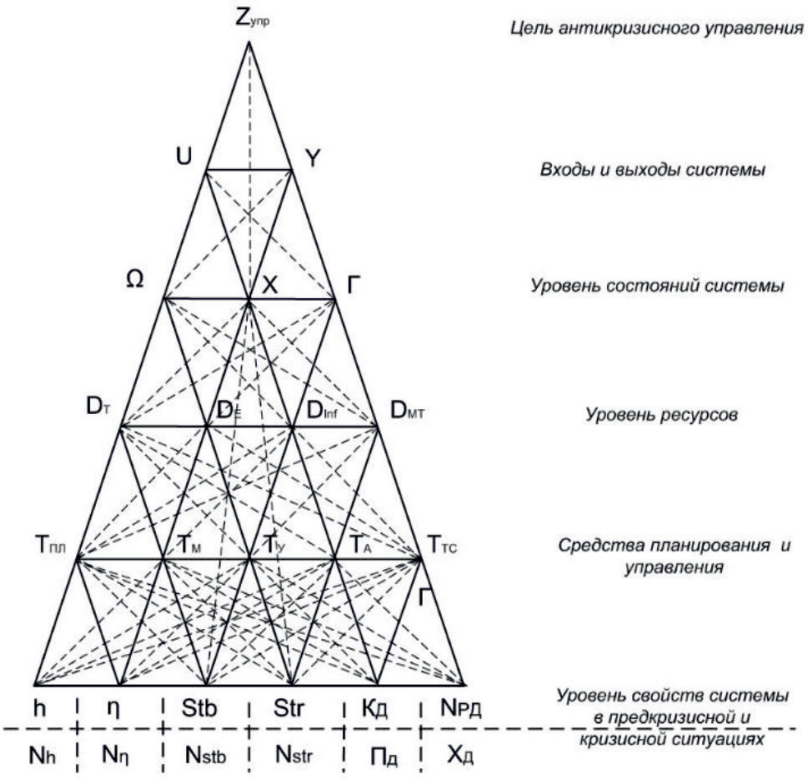


Рис. 3. Сложная система как объект антикризисного управления

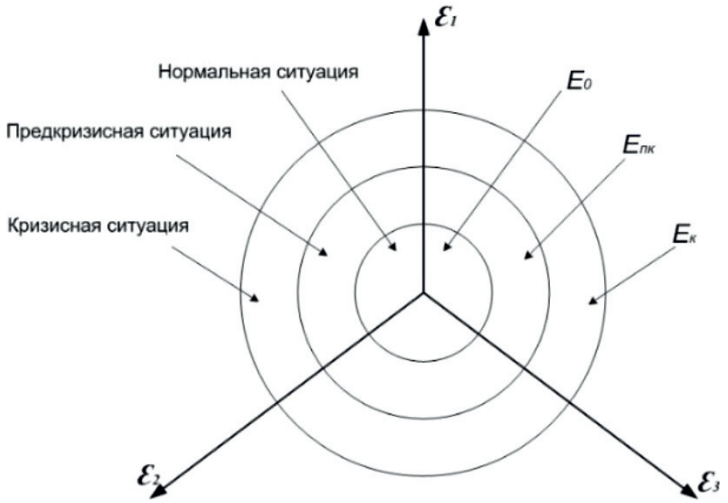


Рис. 4. Классификация ситуаций

Сложная система как процесс

Сложную систему S как процесс можно представить в виде: $S = <K, T, U, A, D, T_{ex}, Inf, F, Q, Z_{упр}>$, где $K = \{K_j(t)\}$ – множество параметров системы; $T = \{t_i\}$ – множество моментов времени; $U = \{U_\varepsilon(t)\}$ – множество управляющих воздействий (управляющих факторов, управляющих органов и др.); $A = \{A_m(t)\}$ – множество алгоритмов управления, обработки информации и др.; $D = \{D_T(t), D_{Inf}(t), D_{MT}(t), D_E(t)\}$ – множество ресурсов (временных $D_T(t)$, информационных $D_{Inf}(t)$, материально-технических $D_{MT}(t)$, энергетических $D_E(t)$), необходимых для функционирования системы; $T_{ex} = \{T_{ex\,p}(t)\}$ – множество технологий управления; Inf – информация (о состоянии процесса, необходимая для управления и др.); $F = \{F_k(t)\}$ – множество случайных возмущений; $Q = \{Q_n(t)\}$ – множество свойств системы; $Z_{упр}$ – цель управления системой-процессом, в нормальной ситуации состоит в поддержании множества параметров в гомеостатических пределах (область E_0, рис. 4). Предкризисная (критическая, предаварийная) ситуация возникает, когда один или несколько жизненно важных параметров системы $K = \{K_i(t)\}$ выходят из пределов нормальной ситуации, но находятся в области предкризисной (допустимой) ситуации (область $E_{ПК}$, рис. 4). Кризисная ситуация Sit возникает, когда один или несколько жизненно важных параметров системы $K = \{K_i(t)\}$ выходят из пределов предкризисной ситуации (область $E_К$, рис. 4).

В зависимости от величин $\varepsilon_i = K_{oi} - K_i$, можно говорить о нормальной, предкризисной или кризисной ситуациях. Возможные ситуации:

1) $\varepsilon_i \in E_0$ – нормальная ситуация, все жизненно важные показатели $K = \{K_i(t)\}$ находятся в пределах нормальных значений;

2) $\varepsilon_i \in E_{пк}$ – предкризисная ситуация, жизненно важные показатели $K = \{K_i(t)\}$ приближены к границам допустимых, предкризисных значений;

3) $\varepsilon_i \in E_к$ – кризисная ситуация, жизненно важные показатели $K = \{K_i(t)\}$ вышли за границы допустимых значений.

Процесс управления сложной системой, согласно рассмотренной выше структуре, приведен на рис. 5, где S – сложная система или сложный процесс; *ПКС* – предкризисная ситуация; ε – текущее отклонение (ошибка) от принятого решения (плана управления); δ – текущее отклонение (ошибка) от модели поведения S в *ПКС*.

Первый блок – блок принятия решений по планированию и управлению в предкризисной и кризисной ситуациях. На его вход поступает информация из внешней среды U, блока распознавания ситуации и формируется управляющее воздействие Y °. На основе принятого решения происходит построение модели управления сложной системой в предкризисной и кризисной ситуациях, а также формирование технологий управления, алгоритмов управления и технических средств, которые с помощью ресурсов D воздействуют на сложную систему S и формируется выходная переменная Y. Значения Y поступают: в блок сравнения 1, где определяется отклонение (текущее значение ошибки) ε от принятого решения; в блок анализа состояний системы; в блок сравнения 2, где определяется отклонение (ошибка) δ поведения системы от модели ее поведения

в *ПКС*; во внешнюю среду. В блок распознавания ситуации поступает также информация из внешней среды и блока анализа состояния системы, и из него информация о ситуации *Sit* поступает в блок принятия решений.

ситуация Sit определяется как нормальная, предкризисная или кризисная. На основе этого формируется либо корректируется цель управления Zупр, в зависимости от которой осуществляется выбор технологий управления Тех = {Тех р} с учетом свойств

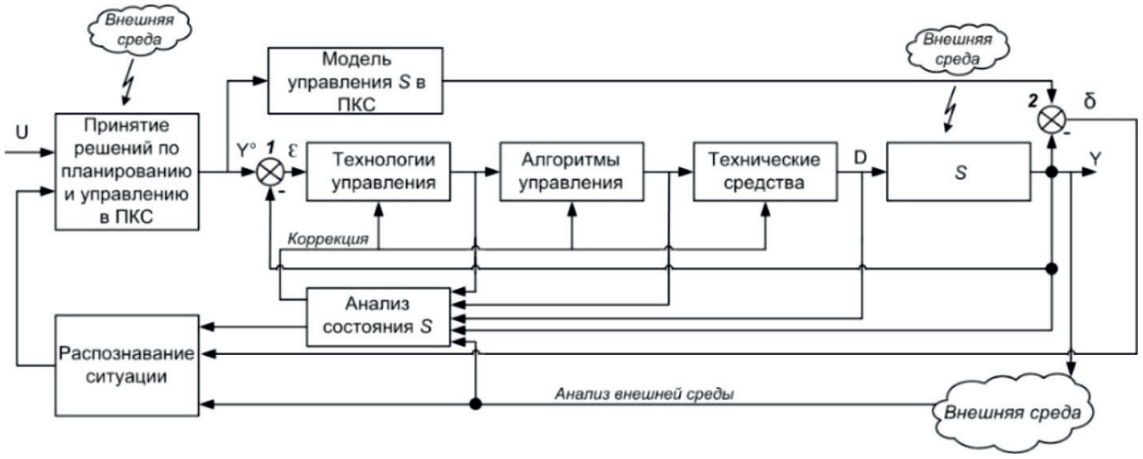


Рис. 5. Процесс управления сложной системой

Процесс принятия решений в сложных системах

Неопределенность обстановки в предкризисной и кризисной ситуациях и малые резервы времени обуславливают необходимость информационной поддержки принятия решений (ППР), предназначенной для лиц, принимающих решения (ЛПР). При этом, как правило, отсутствуют строго формализованные математические модели сложных систем, которые позволили бы однозначно определить механизм управления. Выходом из подобных ситуаций может служить применение интеллектуальных технологий. Цель поддержки принятия решений на основе интеллектуальных технологий – обеспечение на основе имеющихся знаний и опыта эксперта эффективного управления объектом в условиях кризисной и предкризисной ситуации. Процесс принятия решений для предотвращения/преодоления кризисной ситуации можно описать следующей последовательностью шагов (рис. 6). Система S выдает информацию о состоянии системы. В зависимости от того, в каком виде рассматривается система (как система-объект, либо как система-процесс), проводится анализ состояния элементов системы S(Ф = {Фi}, H = {Hj}, Str, P = {Pk}, Q = {Qn}, Zфунк) либо анализ жизненно важных показателей K = {Kj(t)}. На основе проведенного анализа и интеллектуальной поддержки принятия решений системы {Qn}. Затем при помощи интеллектуальной поддержки принятия решений выбираются алгоритмы управления и обработки информации $\{A_m\}$ и управляющие воздействия $\{U_c\}$. Результаты согласовываются с лицом, принимающим решения (*ЛПР*), и осуществляется корректирующее воздействие на состояние системы *S*. База знаний интеллектуальной поддержки принятия решений содержит знания о классификации ситуаций *Sit*, о технологиях управления T_{ex}, об алгоритмах управления $\{A_m\}$, о выборе цели управления $Z_{упр}$ по выходу из предкризисной или кризисной ситуации, о том, какие классы, виды $\{F_k(t)\}$ приводят систему *S* к предкризисному состоянию, какие виды управляющих воздействий *U* вводят систему в нормальное состояние, выводят из кризиса.

Весь процесс предупреждения/ликвидации кризисной ситуации в сложной системе можно разделить на этапы жизненного цикла [6]. В данной работе предлагается следующая интерпретация (рис. 7).

Возмущения *F* (внутренние, внешние), происходящие в течение времени *t*, воздействуют на систему *S* и образуют в ней проблемную ситуацию Sit_0, которая может относиться к классу предкризисных, чрезвычайных, предаварийных и т.п., на основании которой необходимо выявить проблематику и составить *ОП* – описание проблемной ситуации. После чего разрабатывается кон-

цепция (методология) к ликвидации возникшей ситуации. Согласно этой концепции на основе методов анализа и принятия решений *M* формируется принятие решения *ПР* по улучшению проблемной ситуации. На основе принятого решения и с помощью ресурсов *D* формируется улучшающее воздействие U_1, которое воздействует на систему и приводит ее в новое состояние. Далее снова описывается новая проблемная ситуация Sit_1, для нее корректируется концепция *K'*, и цикл $M \rightarrow ПР \rightarrow D \rightarrow U \rightarrow S \rightarrow Sit$ повторяется снова до достижения необходимого результата, т.е. приемлемой ситуации. На каждом этапе жизненного цикла применяются адекватные технологии, методы, алгоритмы.

Заключение

В статье рассмотрен подход к предупреждению/ликвидации возникающих кризисных ситуаций на уровне методологии систем. На основе методологии, разработанной Д.А. Новиковым, и системного подхода к анализу сложных систем на основе триад предлагается рассмотрение сложных систем как объектов и как процессов. Сформировано определение кризиса для каждого вида систем, рассмотрен процесс управления сложной системой на основе предлагаемого подхода и процесс принятия решения, предложена интерпретация этапов жизненного цикла предупреждения/ликвидации кризисной ситуации с указанием выполнения необходимых процедур.

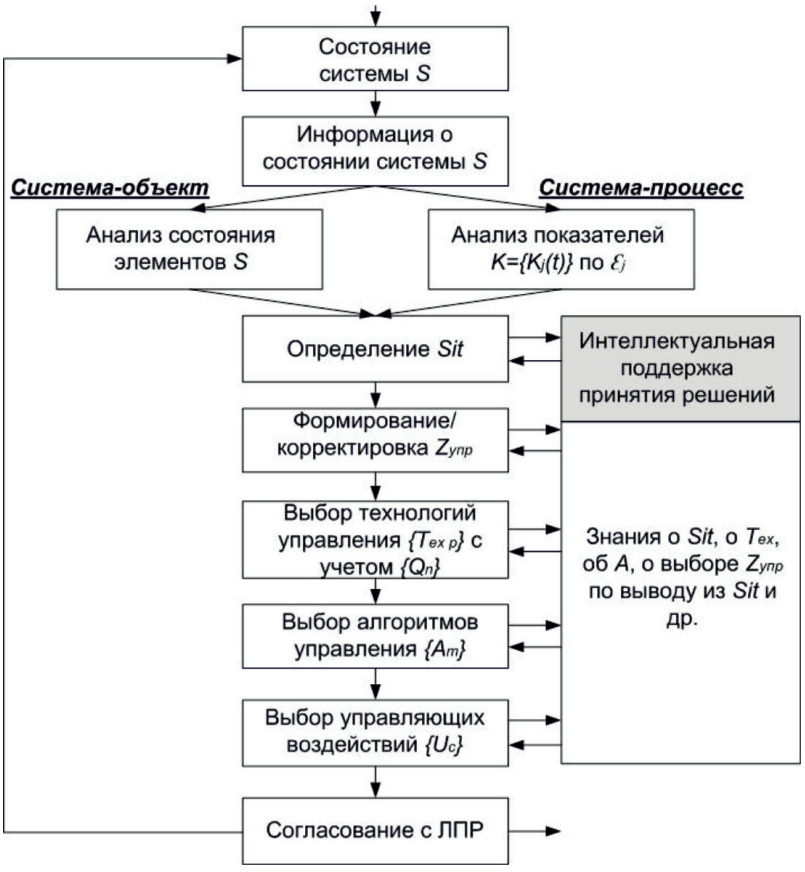


Рис. 6. Процесс принятия решений

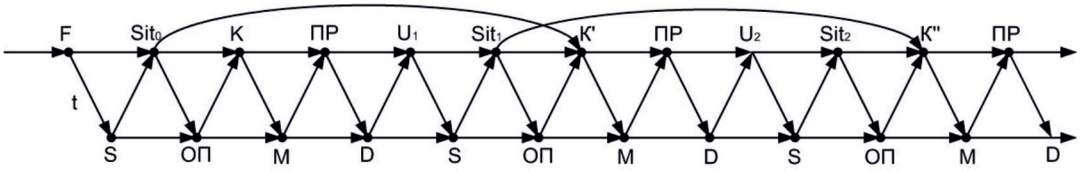


Рис. 7. Этапы жизненного цикла предупреждения/ликвидации кризисной ситуации

Исследования частично поддержаны грантом РФФИ 16-07-00773а.

Список литературы

1. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования. – 2 изд. – М.: Изд-во «Либроком», 2013. – 272 с.

2. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология: словарь системы основных понятий. – М.: Изд-во «Либроком», 2013. – 208 с.

3. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология: учебно-методическое пособие. – М.: Изд-во «Синтег», 2007. – 660 с.

4. Новиков Д.А. Методология управления. – М.: Изд-во «Либроком», 2012. – 128 с.

5. Гузаиров М.Б., Ильясов Б.Г., Герасимова И.Б. Системный подход к анализу сложных систем и процессов на основе триад // Научно-технический журнал «Проблемы управления». – 2007. – № 5. – С. 32–38.

6. Бадамшин Р.А., Ильясов Б.Г., Черняховская Л.Р. Проблемы управления сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе знаний. – М.: Машиностроение, 2004. – 250 с.

7. Шахмаметова Г.Р. О некоторых аспектах принятия решений при управлении в сложных системах // Информационные технологии и системы ИТиС'2016: Тр. V международной конференции. – Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2016. – С. 293–296.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ ИЗОЛИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЁННОГО РЕЕСТРА

[1]Шишков Е.М., [2]Солдусова Е.О., [2]Проничев А.В.

[1]Филиал ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Новокуйбышевск, e-mail: e.m.shishkov@ieee.org;

[2]ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, e-mail: esoldusova@inbox.ru

Одним из перспективных направлений для поиска решений задач управления режимами и коммерческого учёта электроэнергии в электроэнергетических системах является применение технологий распределённого реестра – Blockchain. В работе предложен алгоритм работы автоматизированной системы управления режимами работы изолированной электрической сети с возобновляемыми источниками энергии, направленный на сокращение требуемого резерва генерирующей мощности. Математическое моделирование и расчет электрических режимов микрогрида были произведены в программе RastrWin3 с целью учета потерь в электроэнергетической системе. В процессе моделирования была получена зависимость мощности на балансирующем узле от количества узлов нагрузки для разного отношения собственной генерации к потреблению в узле. Расчеты показывают, что использование распределённой генерации в малых изолированных энергосистемах является экономически оправданным.

Ключевые слова: Blockchain, микрогрид, солнечная энергетика, распределенная генерация

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR CONTROLLING ELECTRICAL REGIMES OF THE ISOLATED ELECTRIC POWER SYSTEM USING THE DISTRIBUTED LEDGER

[1]Shishkov E.M., [2]Soldusova E.O., [2]Pronichev A.V.

[1]Branch of Samara State Technical University, Novokuybyshevsk, e-mail: e.m.shishkov@ieee.org;

[2]Samara State Technical University, Samara, e-mail: esoldusova@inbox.ru

One of the promising directions for finding solutions to the problems of regimes management and commercial electricity accounting in electric power systems is the application of distributed ledger technologies – Blockchain. The algorithm of operation of an automated energy resource management system aimed at reducing the required capacity reserve is proposed. Mathematical modeling and calculation of the microgrid electric regimes were performed in the RastrWin3 program with the aim of accounting for losses in the electric power system. During the simulation it was obtained dependence of the power at the slack node from the number of load nodes for a different ratio of own generation to consumption in the node. The use of distributed generation is economically justified in small isolated electricity system.

Keywords: Blockchain, microgrid, photovoltaics, distributed generation

Современная электроэнергетика – одна из самых наукоёмких и технологичных отраслей промышленности. Одним из перспективных направлений для поиска решений задач управления режимами и коммерческого учёта электроэнергии в электроэнергетических системах является применение технологий распределённого реестра – Blockchain, что обусловлено повышением доступности возобновляемых источников энергии, объединяемых в системы с распределённой генерацией [1–3].

В настоящее время в РФ ввиду законодательных ограничений, налагаемых на операции на розничном и оптовых рынках электроэнергии, применение систем с распределенной генерацией затруднено для энергосистем, работающих параллельно с объединенными энергосистемами. Однако основанные на технологиях распределённого реестра принципы функционирования рынка электрической энергии возможно применить в рамках небольших изолированных энергосистем – микрогридов. На данный момент около 40 % территории РФ не имеют связи с единой энергосистемой.

Для осуществления электроснабжения на данных территориях существуют три основные альтернативы:

1. Строительство ЛЭП. Однако данный способ является самым неэкономичным, поскольку сетевые организации будут нести серьезные убытки от длинных линий при их малой загрузке.

2. Установка дизельного генерирующего оборудования. Данный способ имеет наименьшие начальные вложения, но требует дополнительных затрат на покупку топлива и является самым неэкологичным.

3. Установка станций на возобновляемых источниках энергии. Несмотря на повышение доступности подобных станций, их стоимость остается достаточно высокой. Однако данный вид генерации является самым экологически чистым и при этом не требует дополнительных расходов на эксплуатацию.

В данной работе предлагается использование автоматического устройства, реализующего технологию Blockchain, для учёта переданной и потреблённой в каждом узле сети электроэнергии посредством системы самоисполняемых контрактов, а также осуществляющего функции автоматизированного управления режимами микрогрида.

Целью настоящей работы является обоснование и реализация принципов управления режимами и коммерческого учёта электроэнергии в микрогридах с помощью автоматического устройства, реализующего технологию Blockchain. Управление режимом в данном случае направлено на сокращение необходимых резервов мощности с учётом требуемого уровня надёжности электроснабжения и качества электроэнергии. При этом рыночный механизм в рамках микросети организован на основе подходов [4–5].

На данном этапе работы решаются *следующие задачи*:

– разработка алгоритма управления режимами микрогрида;

– математическое моделирование и расчёт электрических режимов микрогрида;

– экономическое обоснование работы собственных источников энергии в узлах микрогрида.

Расчет режима работы рассматриваемой системы был произведен в программе RastrWin3 с целью учета потерь в электроэнергетической системе.

Схема электроснабжения 0,4 кВ состоит из 20 узлов нагрузки и одного балансирующего узла (рис. 1). Каждый узел – это дом с собственной генерацией в виде небольшой солнечной электростанции в комбинации с аккумуляторными батареями. Активная нагрузка каждого дома (узла) – 5 кВт, коэффициент мощности 0,95. В качестве балансирующего узла в реальной системе может выступать вторичная обмотка трансформатора 6(10)/0,4 кВ, либо дизель-генераторная установка (ДГУ).

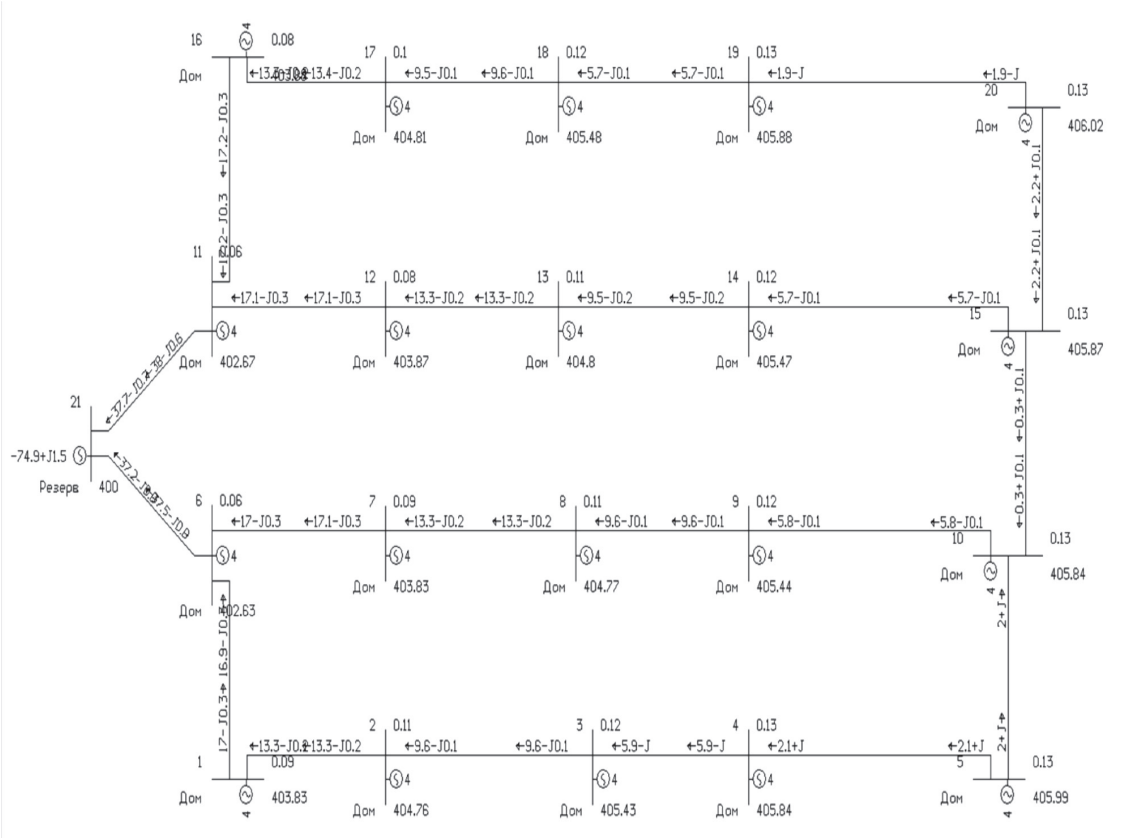


Рис. 1. Модель изолированной энергосистемы в программе RastrWin3

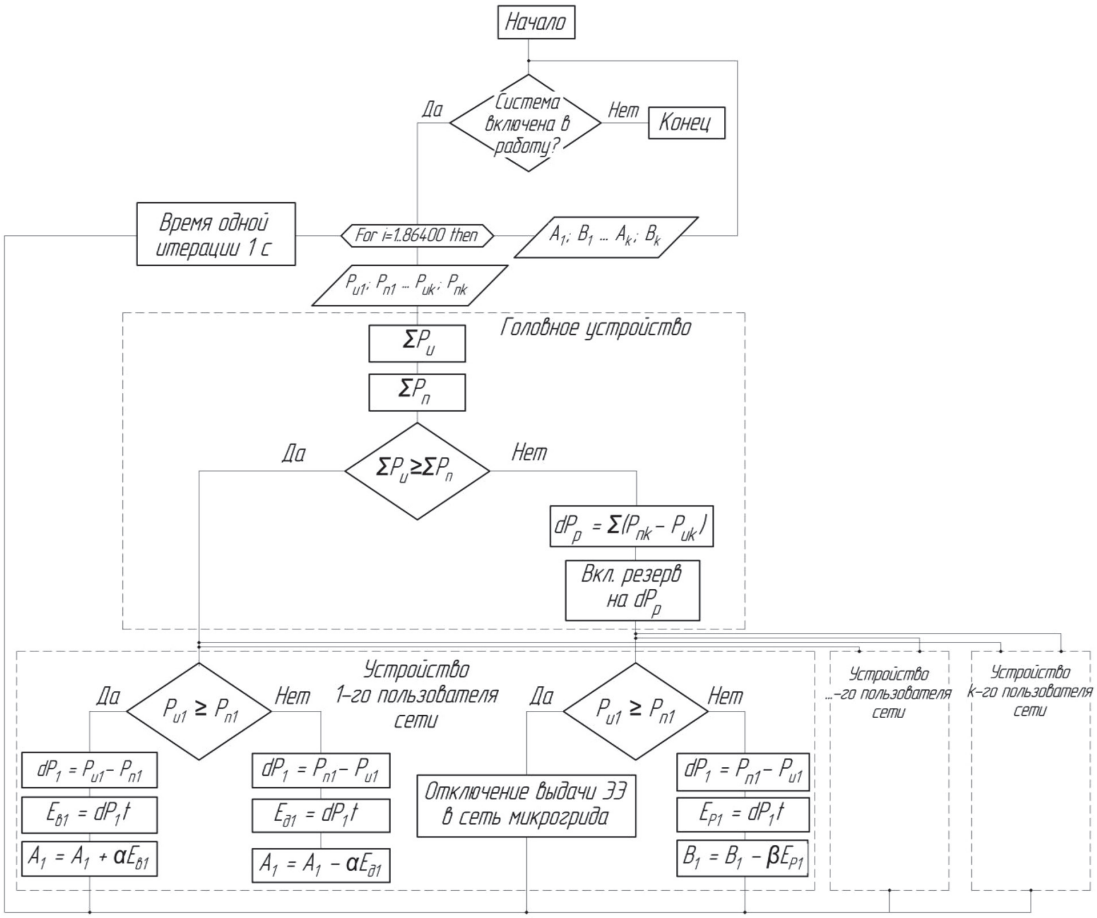


Рис. 2. Алгоритм управления изолированной энергосистемой

На рис. 2 представлен алгоритм управления изолированной энергосистемой, где P_{uk} – мощность собственной генерации k-го пользователя сети; P_{nk} – потребляемая мощность k-го пользователя сети; ΣP_u – суммарная мощность собственной генерации; ΣP_n – суммарная потребляемая мощность; dP_k – разность потребляемой и генерируемой мощности в узле; dP_p – мощность вводимого резерва; $E_{вк}$ – электроэнергия, выдаваемая в сеть k-м её пользователем; E_{dk} – электроэнергия, потребляемая из сети k-м её пользователем; E_{pk} – электроэнергия, потребляемая k-м пользователем сети из резерва; α – тариф на внутрисетевую электроэнергию во внутренней валюте; β – тариф на электроэнергию из резерва в реальной валюте; A_k – баланс k-го пользователя сети во внутренней валюте; B_k – баланс k-го пользователя сети в реальной валюте.

После подачи сигнала о введении в работу на головное устройство в системе начинается непрерывный расчет и запись баланса активной мощности в энергосистеме с дискретностью 1 с.

В случае соблюдения баланса мощности или незначительном превышении генерируемой $\Sigma P_{ик}$ над потребляемой мощностью $\Sigma P_{пк}$ – соответствующий сигнал подается на каждое ведомое устройство в сети. В ведомом устройстве пользователя ведется расчет локального баланса активной мощности, от которого зависит дальнейший учет балансов пользователя в реальной и внутренней валютах.

Если в доме k-го пользователя сети имеется избыток по генерируемой активной мощности $P_{ик}$, то он выдает ее в сеть микрогрида. При этом ведомое устройство, выступая в качестве счетчика электроэнергии, ведет запись выданной в сеть микрогрида электроэнергии $E_{вк}$. Эта энергия продается в сеть по тарифу во внутренней валюте α, тем самым пополняя соответствующий баланс пользователя A_k.

В случае дефицита активной мощности у *k*-го пользователя – энергия $E_{дk}$ потребляется из сети, уменьшая пропорционально тарифу во внутренней валюте α соответствующий баланс пользователя.

Рассмотрим такую ситуацию, когда собственной электроэнергии в микрогриде не хватает – потребляемая мощность $\Sigma P_{пk}$ превышает генерируемую $\Sigma P_{иk}$. В этой ситуации по сигналу головного устройства происходит автоматический ввод резерва на заданную им мощность. Сигнал также подается на каждое ведомое устройство сети.

Если в таком режиме у *k*-го пользователя имеется избыток генерируемой активной мощности – он не имеет возможности выдавать ее в сеть.

В случае же дефицита активной мощности – энергия E_{pk} будет потребляться из резерва, уменьшая баланс пользователя в реальной валюте B_k пропорционально реальному тарифу на электроэнергию β.

В качестве головного и ведомых устройств в реальной системе планируется использование промышленных программируемых контроллеров, например «ОВЕН».

Для расчетов использовались 5 вариантов солнечных электростанций, в комплект каждой из которых входят: солнечные панели, крепеж, инвертор, аккумуляторные батареи. Их установленные мощности равны: 0,8; 2,4; 3; 3,2; 4 кВт.

В процессе моделирования исследовалась зависимость мощности на балансирующем узле от количества узлов нагрузки для разного отношения собственной генерации к потреблению в узле. Нагрузка в узлах отключалась в порядке постепенного приближения к балансирующему узлу.

В случае положительной мощности на балансирующем узле наблюдается нехватка активной мощности в системе. В таком случае недостающая энергия будет восполняться из внешней энергосистемы (либо от ДГУ).

В случае отрицательной мощности на балансирующем узле наблюдается избыток активной мощности в системе, и он выступает в роли нагрузки. В реальной системе избыток мощности не будет отдаваться во внешнюю энергосистему ввиду законодательного запрета на подобную деятельность, а будет накапливаться в аккумуляторах в каждом узле нашей системы (доме). Полученный график зависимости представлен на рис. 3.

Расчеты показывают (табл. 1), что при увеличении установленной мощности в каждом узле – возможна одновременная работа большего числа узлов без получения электроэнергии из внешней энергосистемы.

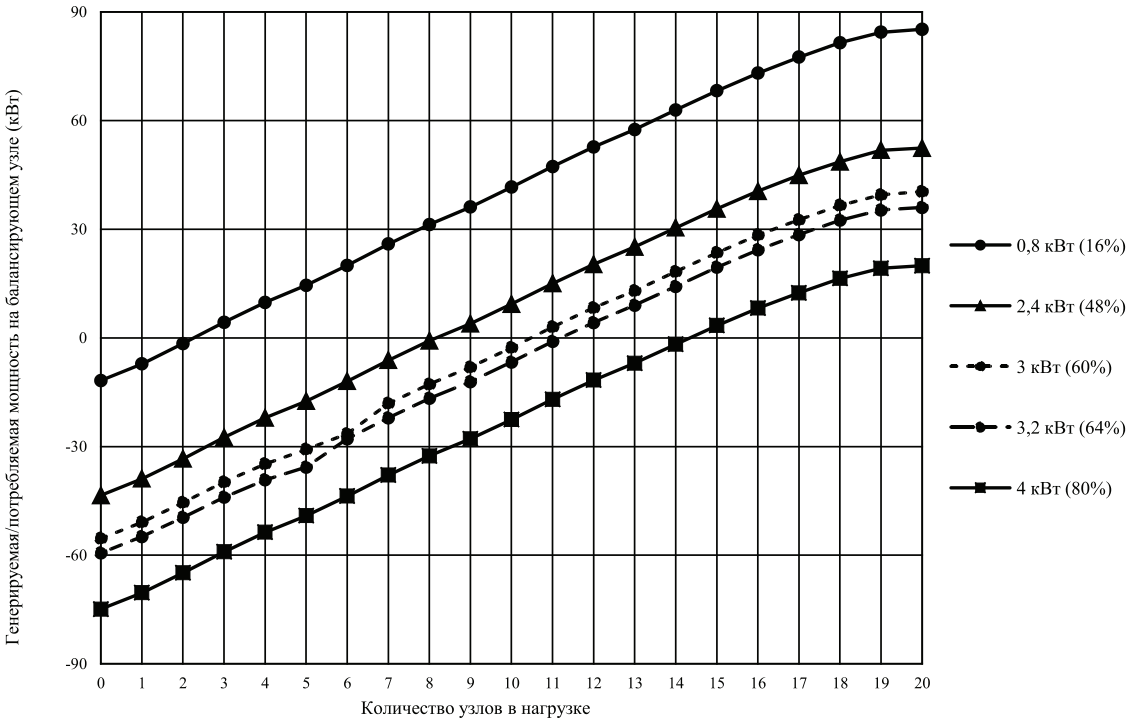


Рис. 3. График зависимости мощности на балансирующем узле от количества узлов в нагрузке

Таблица 1

Результаты анализа режимов работы микрогрида

Установленная мощность в узле (кВт)	Соотношение выработки и потребления в узле (%)	Количество узлов, одновременно находящихся в нагрузке
0,8	16	2
2,4	48	8
3	60	10
3,2	64	11
4	80	14

Таблица 2

Результаты анализа эффективности

Собственная генерация (кВт)	Собственная выработка за год (кВт×ч)	Экономия средств в год (руб)	Срок окупаемости
0,8	70080	180105,6	8,0
2,4	210240	540316,8	5,1
3	262800	675396	5,6
3,2	280320	720422,4	5,7
4	350400	900528	7,8

При одновременном потреблении меньшего числа узлов – электроэнергия будет запасаться в аккумуляторах в каждом узле.

Таким образом, при нехватке электроэнергии в системе ее восполнение будет происходить за счет энергии накопленной внутри системы, а не извне.

Экономическая эффективность

Для каждого из пяти вариантов комплектов солнечных электростанций была рассчитана стоимость оборудования для всего поселка. Эта стоимость включает в себя саму солнечную станцию, а также стоимость устройства АСКУЭ.

Зная количество узлов с собственной генерацией, был произведен расчет их выработки, считая, что выработка происходит 12 часов в сутки.

По действующему тарифу электроэнергии на напряжение 0,4 кВ был произведен расчет экономии средств и срока окупаемости. Наибольшим оказался срок 8 лет, что соответствует самому неблагоприятному варианту, а именно системе из двух домов в дачном массиве. Однако даже такой срок окупаемости оказался в два раза меньше срока службы солнечной станции, который составляет 20 лет. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Однако, расчет срока окупаемости был произведен исходя из того, что не была учтена купля-продажа энергии внутри системы, а было учтено количество электроэнергии, которое не нужно покупать из внешней энергосистемы за счет собственной генерации.

Но если работает система Blockchain и отдельному потребителю не хватает собственной генерации, то он покупает её у того, у кого она в избытке, за собственную внутрисетевую валюту.

Рассмотрим конкретный пример. Если в дачном доме установленная мощность нагрузки 6 кВт, то при 24 участниках в системе достаточно установить станцию 0,8 кВт (табл. 3), то есть снизить установленную мощность станции одного участника в 7,5 раз.

Таблица 3

Расчет мощности собственной станции по числу участников

Мощность собственной станции (кВт)	0,8	1,5	2,4	3,2	4
Число участников	24	13	7	3	2

Выводы

● Использование распределённой генерации в малых изолированных энергосистемах является экономически оправданным: срок окупаемости устройств распределённой генерации значительно меньше срока их эксплуатации.

● Увеличение числа участников микрогрида приводит к значительному снижению установленной мощности генерации и, следовательно, её стоимости.

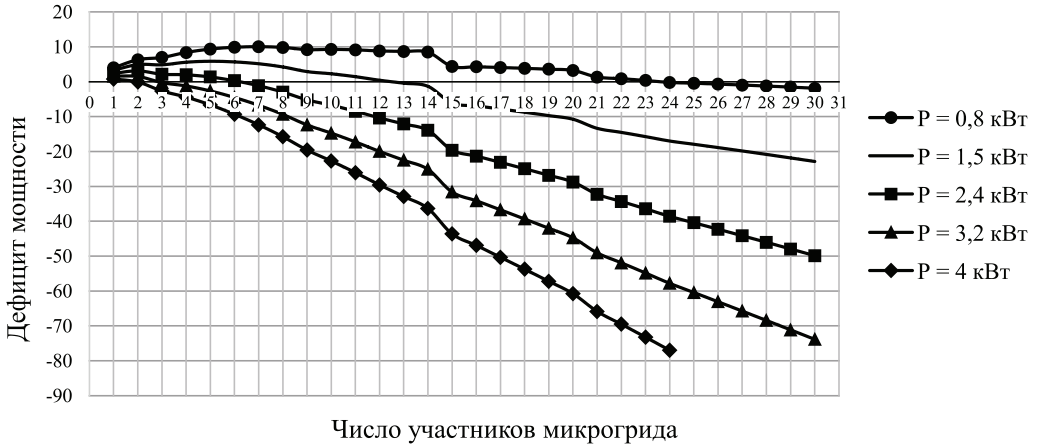


Рис. 4. График зависмости дефицита мощности от числа участников микрогрида

● Для организации взаиморасчётов между собственниками объектов малой генерации в микрогриде возможно применение технологии распределенного реестра;

● Рассматриваемая система взаиморасчётов хорошо масштабируется и может быть применена не только в рамках микрогрида, но и при объединении нескольких микрогридов в единую сеть.

Список литературы

1. Arnold G.W. Challenges and opportunities in smart grid: a position article // Proceedings of the IEEE. – 2011. – vol. 99, № 6. – P. 922–927.

2. Mengelkamp E., Garttner J., Rock K., Kessler S., Orsini L., Weinhardt C. Designing microgrid energy markets; A case study: The Brooklyn Microgrid // Applied Energy. – 2017. – № 185. – P. 1–8.

3. Mohan V., Singh J., Ongsakul W. An efficient two stage stochastic optimal energy and reserve management in a microgrid // Applied Energy. – 2015. – № 160. – P. 28–38.

4. Block C., Neumann D., Weinhardt C. A Market Mechanism for Energy Allocation in Micro-CHP Grids // Proceedings of the 41st Hawaii International Conference on System Sciences. – 2008. – P. 1–11.

5. Pascual J., Barricarte J., Sanchis P., Marroyo L. Energy management strategy for a renewable-based residential microgrid with generation and demand forecasting // Applied Energy. – 2015. – № 158. – P. 12–25.

УДК 330:004.056

ОЦЕНКА СВЯЗЕЙ И ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ РЕГИОНОВ ПО ПРОСТРАНСТВЕННЫМ ДАННЫМ С ПОМОЩЬЮ МНОГОФАКТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ РЕГРЕССИИ

Адамадзиев К.Р., Гасанова Н.Р.

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», Махачкала, e-mail: adamadziev@mail.ru

Статья посвящена выявлению, описанию и оценке двух- и трехфакторных уравнений регрессии, выражающих зависимость валового регионального продукта в разрезе федеральных округов РФ от ключевых ресурсов экономики регионов: стоимости основных фондов, численности занятых в экономике и инвестиций. Дана формулировка задачи, определен перечень исходных, промежуточных и результативных данных, а также форма представления всех необходимых информационных документов. Разработаны математические и компьютерные модели, позволяющие автоматизировать расчеты и формирование аналитических информационных документов, необходимых для построения, описания и оценки различных компонентов уравнений регрессии, выражающих связи и зависимости между экономическими показателями. Проведен анализ статистических характеристик, на основе которого выявлены наиболее приемлемые виды уравнений регрессии. Обоснована целесообразность и построены двух- и трехфакторные уравнения регрессии различных видов (линейных, степенных, показательных) за три временных периода (2005, 2010 и 2015 гг.). На их основе определены и проанализированы предельные эффекты и коэффициенты их эластичности, позволяющие оценить степень эффективности использования ресурсов. Построены уравнения изоквант и с их помощью определены предельные нормы взаимозаменяемости ресурсов.

Ключевые слова: связь, зависимость, регрессия, модель, уравнение, многофакторное уравнение, предельный эффект, эластичность, изокванта, нормы взаимозаменяемости

EVALUATION OF RATIOS AND CORRELATIONS BETWEEN REGIONS' ECONOMIC INDICATORS ALONG SPATIAL DATA THROUGH MULTIFACTORIAL REGRESSION EQUATIONS

Adamadziev K.R., Gasanova N.R.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Dagestan State University, Makhachkala, e-mail: adamadziev@mail.ru

The article is devoted to the identification, description and evaluation of dual- and triple-factor regression equations that express the ratio between gross regional product in the context of the Russian Federation federal districts and the key resources of the regional economy: fixed assets cost, labor and investments. The formulation of the task is adduced, list of initial, intermediate and resulting data is defined, as well as form of presentation of all necessary information documents. Mathematical and computer models are elaborated that allow automating calculations and formation of analytical information documents necessary for constructing, describing and evaluating various components of regression equations expressing the ratios and correlations between economic indicators. The analysis of statistical characteristics is conducted on the basis of which most acceptable types of regression equations are identified. The expediency is substantiated and dual- and triple-factor regression equations of various types are constructed (linear, power, exponential) for three time periods (2005, 2010, 2015). On the basis thereof, marginal effects and elasticity coefficients are determined and analyzed that make it possible to estimate the efficiency degree of resource utilization. Isoquant equations have been constructed and, with their help, marginal norms of resource interchangeability are defined.

Keywords: ratios, correlation, regression, model, equation, multifactorial equation, marginal effect, elasticity, isoquant, interchangeability norm

В настоящем исследовании рассматриваются двух- и трехфакторные связи (зависимости) между основными экономическими показателями регионов России по данным за 2005, 2010 и 2015 гг., публикуемым в справочниках Росстата [1]. Выявление, описание и оценки связей (зависимостей) являются актуальной и важной задачей. Любая задача на выявление связей (зависимостей) для любой однотипной совокупности начинается с постановки задачи, в которой дается формулировка задачи, задаются исходные данные, называются промежуточные и результативные данные, которые должны быть определены, а также определяется форма представления всех информационных документов (таблиц, графиков и др.).

Выявить связи и/или зависимости между показателями экономических объектов означает построить уравнения регрессии, выражающие зависимости результативных показателей от затратно-ресурсных, т.е. рассчитать для них параметры и статистические характеристики [2–4].

Уравнения регрессии могут быть одно- или многофакторными. Параметрами принято называть коэффициенты при показателях-факторах. Статистические характеристики предназначены для оценки тесноты степени корреляционной зависимости

результативного показателя от показателей затрат или наоборот, а также приемлемости каждого из уравнений для оценки исследуемой зависимости. Сущность, назначение и методику расчета каждой характеристики можно найти в учебной и научной литературе по эконометрике и статистике [4–6].

В настоящем исследовании мы ограничились оценкой статистических характеристик, рассчитываемых с помощью функций «ЛИНЕЙН» и «ЛГРФПРИБЛ» из MS Excel.

В табл. 1 приведены параметры и характеристики, рассчитанные нами для двух- и трехфакторных уравнений, выражающих зависимость ВРП от 2–3-х ключевых ресурсов. В строках 1–4 этой таблицы приведены параметры, остальные показатели являются статистическими характеристиками.

После расчета параметров целесообразно приводить математическую запись уравнений регрессии. В качестве примера в табл. 2 приведена математическая запись двух- и трехфакторных уравнений регрессии для зависимостей, рассчитанных нами по данным за 2015 г.

Построенные двух- и трехфакторные уравнения требуется анализировать. Для этого следует определить и проанализировать ряд показателей, в частности предельный эффект, коэффициент эластичности, изокванту и предельные нормы взаимозаменяемости показателей-факторов. Методику определения этих показателей можно найти в учебных и научных публикациях по математическому и компьютерному моделированию [4, 6, 7].

Величины предельных эффектов и коэффициентов эластичности могут быть рассчитаны как для одно-, так и многофакторных уравнений регрессии, а изокванты и предельные нормы взаимозаменяемости показателей-факторов – только для многофакторных. Формулы для расчета предельного эффекта и коэффициента эластичности имеют вид

$\frac{dy}{dx}$ – для предельного эффекта;

$Ex = \frac{dy}{dx} * \frac{x}{y}$ – для коэффициента эластичности.

В случае линейной зависимости предельный эффект, а в случае степенной зависимости показателя-фактора равны соответственно параметрам при показателе-факторе.

Разработанный модельно-компьютерный инструментарий позволяет автоматизировать все расчеты и процедуры обработки информации. Однако проведение анализа построенных уравнений регрессии и принятие на их основе управленческих решений являются функциями экономистов-аналитиков, менеджеров и руководителей экономических объектов.

Изоквантой называют множество сочетаний значений показателей-факторов, при которых результативный показатель принимает одно и то же значение. Чтобы найти изокванту, надо: принять Y за константу (Y = const) и выразить один из факторов через остальные [1–3].

Таблица 1

Величины параметров и статистических характеристик для двух- и трехфакторных линейных уравнений регрессии, выражающих зависимости ВРП (Y) от стоимости основных фондов (K), численности занятых в экономике (L) и инвестиций (I)

№ п/п	Наименование	Обозн.	для двухфакторных ***Y* от *K, L***	для трехфакторных ***Y* от *K, L, I***
1	Первый параметр уравнения	b	–484,3	–578,2
2	Второй параметр уравнения	m1	0,5228	0,3418
3	Третий параметр уравнения	m2	–0,0043	0,0035
4	Четвертый параметр уравнения	m3		1,8938
5	Стандартная ошибка по параметру b	seb	259,8	298,0
6	Стандартная ошибка по параметру m1	se1	0,0861	0,2471
7	Стандартная ошибка по параметру m2	se2	0,0413	0,0446
8	Стандартная ошибка по параметру m3	se3		2,4042
9	Стандартная ошибка для корреляции Y	sey	285,5	300,1
10	Коэффициент детерминации	r^2	0,9678	0,9733
11	Число степеней свободы	df	4	3
12	Критерий Фишера	F	60,1	36,5
13	Регрессионая сумма квадратов	SSreg	3,261E + 05	2,702E + 05
14	Остаточная сумма квадратов	SSresId	9,806E + 06	9,862E + 06

Таблица 2

Математическая запись двух- и трехфакторных уравнений регрессии для зависимостей ВРП от стоимости основных фондов, численности занятых в экономике и объема инвестиций, построенных по данным федеральных округов за 2015 г.

Вид уравнения	Для зависимости ***Y* от *K*, *L***
линейн.	$Y = -1291{,}3 + 0{,}2995*K + 0{,}3731*L$
показат.	$Y = 1985{,}5*1{,}00004^{K}*1{,}0000466^{L}$
степен.	$Y = 0{,}1570*K^{0{,}6998}*L^{0{,}4300}$
	Для зависимости ***Y* от *K*, *L*, *I***
линейн.	$Y = -303{,}8 + 0{,}4829*K + 0{,}4762*L - 2{,}9673*I$
показат.	$Y = 1642{,}0*1{,}00000^{K}*1{,}000027^{L}*1{,}0005709^{I}$
степен.	$Y = 0{,}1400*K^{0{,}8651}*L^{0{,}4557}*I^{-0{,}2327}$

Например, для $Y = b + m_1*X_1 + m_2*X_2$ изоквантой является

$$X_1 = \left(Y - b - m_2 * X_2\right) / m_1$$

или

$$X_2 = \left(Y - b - m_1 * X_1\right) / m_2 .$$

Предельная норма заменяемости одного фактора другим позволяет определить, сколько единиц одного фактора требуется для замены одной единицы другого фактора.

Чтобы рассчитать предельные нормы взаимозаменяемости показателей-факторов, надо:

а) найти изокванту;

б) определить частную производную одного фактора по другому, т.е.

$$\partial Y_l / \partial X_k ,$$

где $l \neq k$, l и $k \in i = 1, 2, \ldots, n$ [1, 3, 4].

Например, для $Y = b + m_1*X_1 + m_2*X_2$ предельные нормы взаимозаменяемости составляют $\partial X_1 / \partial X_2 = -m_2 / m_1$ и $\partial X_2 / \partial X_1 = -m_1 / m_2$.

После определения на ПЭВМ предельных эффектов, коэффициентов эластичности, изоквант и предельных норм взаимозаменяемости показателей-факторов задачу по созданию математических и компьютерных моделей, а также информационного обеспечения можно считать решенной.

Совокупность всех формул, необходимых для решения поставленной задачи, называется математической моделью. Рассматриваемая задача является типовой, требующей многократного применения для различных совокупностей данных. Кроме того решение задачи связано с выполнением множества расчетов, т.е. возникает необходимость в создании компьютерной модели с целью перевести на компьютерную основу: во-первых, всех таблично-графических материалов; во-вторых, всех формул; в-третьих, автоматизировать выполнение всех расчетов и процедур обработки информации. Все перечисленные элементы созданные и функционирующие на ЭВМ, можно назвать компьютерной моделью. Такая модель для решения рассматриваемой в настоящем исследовании задачи создана нами в MS Excel.

Разработанный модельно-компьютерный инструментарий позволяет автоматизировать все расчеты процедуры обработки информации. Однако проведение анализа построенных уравнений регрессии, совокупности их различных показателей, а также связей (зависимостей) между показателями и принятых на их основе управленческих решений является функцией аналитиков, менеджеров и руководителей экономических объектов.

Анализ уравнений регрессии начинается, как правило, с анализа статистических характеристик, наиболее важными из которых являются: стандартная ошибка для зависимой переменной (sey), индекс детерминации (r^2), критерий Фишера (F) и средняя ошибка аппроксимации (А, %) [3, 4, 7].

Сформулируем аналитические выводы по величинам индексов детерминации, средней ошибки аппроксимации и других статистических характеристик.

– по двух- и трехфакторным уравнениям, выражающим зависимость ВРП от стоимости основных фондов, численности занятых в экономике и объемов инвестиций (Y от K, L и Y от K, L, I) степень тесноты корреляции является очень высокой ($r^2 > 0{,}92$), исключение составляет $r2$ для зависимостей показательного и степенного видов (Y от K, L) за 2010 и 2015 гг. ($r^2 \approx 0{,}88$);

– по величинам средней ошибки аппроксимации (измеряется в %) все двух- и трехфакторные уравнения показательного и степенного вида получили оценку «хорошо» (А менее 10 %) весьма близко к оценке «хорошо» и уравнения линейного вида, для которых А = (11,0 – 15,7 %).

Таблица 3

Величины предельных эффектов и коэффициентов эластичности для двух- и трехфакторных уравнений регрессии, выражающих зависимость ВРП регионов РФ в разрезе федеральных округов от трех ключевых ресурсов за 2005, 2010, 2015 гг.

Годы	Для двухфакторных		Для трехфакторных		
	K	L	K	L	I
	Предельные эффекты				
2005	0,5228	–0,0043	0,3418	0,0035	1,8938
2010	0,3416	0,1189	0,4607	0,1066	–1,8580
2015	0,2995	0,3731	0,4829	0,4762	–2,9673
	Коэффициенты эластичности				
2005	1,2363	0,0015	1,1354	0,0130	0,1046
2010	0,8141	0,2805	0,5934	0,3406	0,2661
2015	0,6998	0,4300	0,8651	0,4557	–0,2327

Примечание. *K* – стоимость основных фондов; *L* – численность занятых в экономике; *I* – инвестиции.

Таким образом, все построенные двух- и трехфакторные уравнения регрессии, выражающие линейные, показательные и степенные виды зависимостей, оказались приемлемыми для описания и оценки исследуемых связей (зависимостей).

В соответствии с эконометрической теорией после оценки приемлемости уравнений принято проводить оценку параметров регрессий, а также ряда показателей, которые могут быть определены на основе построенных уравнений регрессии и их параметров [2, 3, 7].

Прежде всего, проанализируем величины двух наиболее ценных из показателей, которые могут быть определены по уравнениям регрессии: предельных эффектов и коэффициентов эластичности. Особый интерес предельный эффект представляет в случае линейных, а коэффициент эластичности – в случае степенных видов уравнений регрессии, которые приведены в табл. 3.

На основе данных табл. 3 можно сформулировать ряд выводов, в частности следующие:

– по линейным двухфакторным уравнениям регрессии (*Y* от *K*, *L*) предельный эффект от использования основных фондов уменьшился почти в 2 раза, а использование численности увеличилось (с – 0,0043 в 2005, до 0,1189 в 2010 и до 0,3731 руб. в 2015 г.);

– по линейным трехфакторным уравнениям (*Y* от *K*, *L*, *I*) предельный эффект использования основных фондов и численности имел рост в каждые пять лет, а эффект использования инвестиций в 2005 г. был положительным, в 2010 г. он оказался отрицательным (–1,8580), а в 2015 снижение оказалось еще более высоким (до – 2,9673 %);

– по степенным двухфакторным уравнениям регрессии для зависимости *Y* от *K*, *L* коэффициент эластичности основных фондов каждые пять лет заметно (с 1,24 до 0,70 %) уменьшился, а численности – вырос (с 0,002 до 0,430 %);

– по степенным трехфакторным уравнениям регрессии (*Y* от *K*, *L*, *I*) коэффициент эластичности основных фондов снизился (с 1,14 до 0,86 %), численности занятых в экономике вырос (с 0,01 до 0,46 %); эластичность инвестиций в 2005 г. была положительной и составила 0,10 %, в 2010 г. увеличилась до 0,27 %, но в 2015 г. уменьшилась и даже стала отрицательной (–0,23 %).

Предельные эффекты и коэффициенты эластичности во всех других случаях представляют собой переменные величины.

Сами по себе изокванты уже представляют аналитический интерес, поскольку позволяют определить различные сочетания величин показателей-факторов, при которых может быть достигнута одна и та же величина результативного (зависимого) показателя.

Так, например, в 2005 г. объем ВРП (*Y*), стоимость основных фондов (*K*), численность занятых в экономике (*L*) и объем инвестиций (*I*) по Республике Дагестан составили: 538,3 млрд руб., 1213 млрд руб., 1011,7 млрд руб. и 231,1 млрд руб.

Для группы средних регионов (куда входит Республика Дагестан) по данным за 2005 г. формула изокванты имеет вид:

а) для двухфакторных уравнений, выражающих зависимость *Y* от *K* и *L*:

$$K = \frac{Y + 1291{,}3}{0{,}2995} - \frac{0{,}3771}{0{,}2995} * L;$$

б) для трехфакторных уравнений Y от K, L и I:

$$K = \frac{Y + 303,8}{0,4829} - \frac{0,4762}{0,4829} * L + \frac{2,9673}{0,4829} * I .$$

Для Республики Дагестан самым важным ресурсом является численность занятых в экономике, которая в 2015 г. составила 1011,7 тыс. чел. Если в вышеприведенную формулу изокванты $K = f(L)$ подставить значение численности за 2015 г., то величина K будет равна

$$K = \frac{Y + 1291,3}{0,2995} - \frac{0,3731}{0,2995} * 1011,7 .$$

Откуда, выполнив соответствующие расчеты, получим формулу изокванты: $K = 3,3389 * Y - 1273,8$.

Если принять за Y = const величину ВРП за 2015 г. (т.е. 538,3 млрд руб.), то K будет равна 523,5 млрд руб. Задавая для показателя-фактора L другие числовые значения, можно получить совокупность значений K и L, при которых ВРП (Y) будет принимать одну и ту же величину 538,3 млрд руб.

Если в вышеприведенную формулу изокванты $K = f(L, I)$ для трехфакторного уравнения регрессии подставить значения численности занятых в экономике за 2015 г., то величина K будет равна

$$K = \frac{Y + 303,8}{0,4829} - \frac{0,4762}{0,4829} * 1011,7 + \frac{2,9673}{0,4829} * I .$$

Выполнив соответствующие расчеты, получим

$$K = 2,0708 * Y - 997,7 + 6,1448 * I.$$

Если ВРП (Y) принять равной ее величине за 2015 г. (538,3 млрд руб.), то формула изокванты примет вид $K = 117,1 + 6,1448 * I$.

Пусть объем инвестиций равен их величине за 2015 г. (т.е. 231,1 млрд руб.). Подставляя это значение инвестиций (I) в последнюю формулу $K = f(I)$, получим численную величину для стоимости основных фондов K = 1537,1 млрд руб.

Таким образом, согласно рассмотренному примеру объем ВРП, равный его величине за 2015 г. можно было получить и при следующем сочетании значений K, L и I: K = 1537,1 млрд руб.; L = 1011,7 тыс. чел.; I = 231,1 млрд руб.

Нет необходимости приводить математическую запись изоквант для всех построенных уравнений регрессии. Поэтому в табл. 4 приведена математическая запись изоквант только для линейных уравнений.

По формуле изокванты можно определить показатели, которые называются предельными нормами взаимозаменяемости показателей-факторов. Показатели-факторы, включаемые в многофакторные уравнения регрессии, являются, как правило (если они правильно выбраны), взаимозаменяемыми.

В нашем случае нет сомнения во взаимозаменяемости двух главных ресурсов региональной экономики: стоимости основных фондов (K) и численности занятых в экономике (L). Очевидна (хотя и в меньшей степени) взаимозаменяемость численности занятых в экономике (L) и объемов инвестиций (I). А вот вопрос, взаимозаменяемы ли основные фонды (K) и инвестиции (I), не является очевидным.

С математической точки зрения все факторы, включаемые в уравнения регрессии, являются взаимозаменяемыми. Но в эконометрических уравнениях не всегда показатели-факторы являются взаимозаменяемыми. Дело в том, что в одно и то же многофакторное уравнение регрессии нельзя включать зависимые между собой показатели-факторы. Но в экономике большинство показателей в той или иной степени взаимосвязаны (взаимозависимы). Поэтому трудно найти показатели-факторы, вовсе независимые друг от друга.

Таблица 4

Математическая запись изоквант для двух- и трехфакторных уравнений регрессии, выражающих зависимости ВРП (Y) от стоимости основных фондов (K), численности занятых в экономике (L) и инвестиций (I) по данным регионов РФ за 2005, 2010 и 2015 гг.

	Для двухфакторных	Для трехфакторных
2005	$K = \frac{Y + 484,3}{0,5228} + \frac{0,0043}{0,5228} * L$	$K = \frac{Y + 578,2}{0,3418} - \frac{0,0035}{0,3418} * L - \frac{1,8938}{0,3418} * I$
2010	$K = \frac{Y + 469,9}{0,3416} - \frac{0,0043}{0,1189} * L$	$K = \frac{Y - 333,4}{0,4607} - \frac{0,1016}{0,4607} * L + \frac{1,8580}{0,4607} * I$
2015	$K = \frac{Y + 1291,3}{0,2995} - \frac{0,3731}{0,2995} * L$	$K = \frac{Y + 303,8}{0,4829} - \frac{0,4762}{0,4829} * L - \frac{2,9673}{0,4829} * I$

Согласно эконометрической теории корреляция между включаемыми в одну и ту же модель показателями-факторами должна быть максимально низкой. Отметим также, что понятия «связь» и «зависимость» в экономике не являются синонимами. «Связь» – понятие более широкое. «Зависимость» всегда одновременно является и связью, но связь не всегда означает зависимость. В нашем случае стоимость основных фондов и численность занятых – это действительно взаимозаменяемые ресурсы. Стоимость основных фондов и численность не зависят друг от друга, но они могут быть корреляционно связанными. Регионы, имеющие большие величины стоимости основных фондов, как правило, имеют и большую величину численности занятых. То же примерно можно сказать и относительно показателей-факторов численности занятых в экономике и объема инвестиций.

Иначе обстоит дело с показателями стоимости основных фондов и инвестиций. Дело в том, что большая часть инвестиций в виде капитальных вложений направляется на обеспечение прироста и/или обновления основных фондов. Из этого следует, что стоимость основных фондов зависит от инвестиций (естественно, эта зависимость корреляционная).

Особый аналитический интерес представляют предельные нормы взаимозаменяемости для уравнений регрессии линейного и показательного видов. В этом случае предельные нормы выражаются численными величинами. Предельные нормы взаимозаменяемости факторов для других нелинейных уравнений являются переменными величинами, выражаемыми формулами. В качестве примера ниже приведем величины предельных норм взаимозаменяемости для двухфакторных уравнений регрессии $Y = f(K, L)$ соответственно для линейного, показательного и степенного видов. Формулы изоквант имеют вид:

$K = \frac{Y-b}{m_1} - \frac{m_2}{m_1} * L$ – для линейного уравнения;

$K = \frac{lgY - lgb}{lgm_1} - \frac{lgm_2}{lgm_1} * L$ – для показательного уравнения;

$K = \left(\frac{Y}{b}\right)^{\frac{1}{m_1}} * \frac{m_1}{m_2} * L^{\left(\frac{m_1}{m_2}-1\right)}$ – для степенного уравнения.

Предельные нормы для этих изоквант будут иметь вид:

а) для линейного уравнения

$$\partial K / \partial L = -\frac{m_2}{m_1};\ \partial L / \partial K = -\frac{m_1}{m_2};$$

б) для показательного уравнения

$$\partial K / \partial L = -\frac{lgm_2}{lgm_1};\ \partial L / \partial K = -\frac{lgm_1}{lgm_2};$$

в) для степенного уравнения

$$\partial K / \partial L = \left(\frac{Y}{b}\right)^{\frac{1}{m_1}} * \frac{m_1}{m_2} * L^{\left(\frac{m_1}{m_2}-1\right)};$$

$$\partial L / \partial K = \left(\frac{Y}{b}\right)^{\frac{1}{m_2}} * \frac{m_2}{m_1} * L^{\left(\frac{m_2}{m_1}-1\right)}.$$

Являются ли показатели-факторы взаимозаменяемыми или нет, можно определить по знакам для предельных норм взаимозаменяемости. Если предельная норма взаимозаменяемости имеет знак (–), то показатели-факторы являются взаимозаменяемыми, если знак положителен, то факторы не являются взаимозаменяемыми. В табл. 5 приведены величины предельных норм взаимозаменяемости ресурсных показателей K, L и I для уравнений линейного и показательного видов.

Таблица 5

Величины предельных норм взаимозаменяемости ресурсных показателей K, L и I для уравнений линейного вида

	Для двухфакторных	Для трехфакторных	
	$\frac{\partial K}{\partial L}$	$\frac{\partial K}{\partial L}$	$\frac{\partial K}{\partial I}$
2005	0,0065	–0,0102	–5,5407
2010	–0,3481	–0,2314	4,0330
2015	–1,2457	–0,9861	6,1448

Как видно из табл. 5, в двухфакторных линейных уравнениях регрессии, выражающих зависимость ВРП от стоимости основных фондов (K) и численности занятых в экономике (L) по данным за 2005 г. основные фонды и численность работников не являются взаимозаменяемыми, по данным за 2010 и 2015 гг. эти два ресурса являются взаимозаменяемыми. При этом в 2010 г., чтобы заменить 1 тыс. чел. численности занятых в экономике, требовалось 0,3 млрд руб. основных фондов; в 2015 г. на 1 тыс. чел. требовалось 1,2 млрд руб. основных фондов. То есть отдача от основных фондов снизилась почти в 4 раза. Это обусловлено, с нашей точки зрения, двумя причинами: с одной стороны, физическим и моральным износом основных фондов экономики; с другой стороны, относительным сокращением численности занятых в экономике и ростом их квалификационного уровня.

Согласно трехфакторным уравнениям, основные фонды и численность занятых в экономике во все три рассмотренных периода (2005, 2010 и 2015 гг.) оказались взаимозаменяемыми ($\partial K/\partial L$ имеет отрицательный знак). При этом заменяемость 1 тыс. чел. занятых в экономике работников основными фондами составила в 2005 г. 0,01, в 2010 г. 0,24, в 2015 г. 1,00 млрд руб. Эти цифры также свидетельствуют об ухудшении качества основных фондов (моральный и физический износ).

Как известно, стоимость основных фондов в значительной степени зависит от объемов инвестиций в экономике, поскольку большая их часть в виде капитальных вложений направляется на прирост и обновление основных фондов. С этой точки зрения стоимость основных фондов и инвестиций не являются взаимозаменяемыми ресурсами. Это видно и из величин $\partial K/\partial I$, которые оказались (как и должно быть) положительными.

Аналогичной оказалась ситуация и с предельными нормами взаимозаменяемости численности занятых в экономике и объемов инвестиций: в 2005 г. $\frac{\partial K}{\partial I} = -\frac{1,8938}{0,0035}$; в 2010 и 2015 гг. знаки величины $\partial K/\partial I$ оказались плюсовыми, свидетельствующими об отсутствии взаимозаменяемости этих ресурсов. Напомним в этой связи, что часть объема инвестиций используется на подготовку и повышение квалификации работников занятых в экономике, что является аргументом, подтверждающим отсутствие взаимозаменяемости численности занятых и инвестиций.

Список литературы

1. Россия в цифрах, 2016: Крат. стат. сб. / Росстат. – М., 2016. – 543 с.

2. Айвазян С.А. Основы эконометрики. Учебник для вузов. Т. 2. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 432 с.

3. Кремер Н.Ш., Путко Б.А. Эконометрика: Учебник для вузов. – М: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 311 с.

4. Башкатов Б.И. Социально-экономическая статистика: учебник. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 703 с.

5. Адамадзиев К.Р., Адамадзиева А.К. Моделирование и оценка стохастических связей между ключевыми показателями групп регионов России // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4–3. – С. 550–556.

6. Адамадзиев К.Р., Адамадзиева А.К. Компьютерное моделирование в экономике: учебное пособие. – Махачкала: Издательско-полиграфический центр ДГУ, 2014. – 211 с.

7. Хубаев Г.Н. Сравнительная оценка напряженности труда: методическое и инструментальное обеспечение. Математическая экономика и экономическая информатика: Материалы Научных чтений, посвященных 75-летию со дня рождения выдающегося экономиста-математика, доктора экономических наук, профессора КАРДАША Виктора Алексеевича (10.10.1935 г.–12.05.2010 г.) (г. Кисловодск. 10–12 октября 2010 г.) / Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). – Ростов-н/Д., 2011. – 616 с.

УДК 331.5

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗАЕМНОГО ТРУДА НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ ТРУДА

Алиева П.Р., Ибрагимова К.С.

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», Махачкала, e-mail: patyaalieva@yandex.ru, ibragimovakamila79@mail.ru

С приходом на российский рынок крупных зарубежных компаний и кадровых агентств получило широкое распространение использование ранее неизвестного явления, так называемого заемного труда. В современных условиях рассмотрение заемного труда является достаточно актуальным, в связи с тем, что данная технология представляет собой один из инструментов, позволяющих организовать гибкий, эффективный бизнес. Статья посвящена актуальной проблеме формирования феномена заемного труда как новой формы занятости на российском рынке труда. В статье рассмотрены теоретические аспекты использования заемного труда, оценены современные тенденции и перспективы развития данной формы занятости, определены преимущества и недостатки использования различных форм организации заемного труда. Результаты исследования могут быть использованы специалистами в области экономики, аспирантами и студентами, широким кругом читателей.

Ключевые слова: заемный труд, аутсорсинг, аутстаффинг, лизинг персонала, развитие

PROSPECTS OF AGENCY LABOR DEVELOPMENT IN THE RUSSIAN LABOR MARKET

Alieva P.R., Ibragimova K.S.

Dagestan State University, Makhachkala, e-mail: patyaalieva@yandex.ru, ibragimovakamila79@mail.ru

When the large foreign companies and recruitment agencies have come to the Russian market, the use of a previously unknown phenomenon, the so-called agency labor, has become widespread. In modern conditions, the consideration of agency work is quite actual, due to the fact that the technology is one of the tools that allow organizing flexible, efficient business. The article is devoted to the actual problem of formation of the phenomenon of agency work as a new form of employment on the Russian labor market. In the article the theoretical aspects of the use of the agency work are considered, current trends and prospects for the development of this form of employment are evaluated, the advantages and disadvantages of using different forms of organization of the agency work are determined. The results of this research can be used by the specialists of economic sphere, by post-graduate students and students, by the wide range of readers.

Keywords: agency labor, outsourcing, outstaffing, staffleasing, development

С глобализацией рынка труда связаны процессы флексибилизации, формирования новых институтов на рынке труда, развития дистанционных форм занятости и т.д. Одной из новых форм занятости является заемный труд, использование которого вызывает оживленные дискуссии, а порой и протесты профессиональных союзов. В недавнем прошлом появилась статья в Трудовом кодексе, регулирующая социально-трудовые отношения при использовании заемного труда. Современные реалии на рынке труда требуют безотлагательного изучения фактов формирования и использования данного явления, так как оно получает все большее распространение, способствуя организации гибкого, эффективного бизнеса. Основной причиной использования заемного труда во всем мире является стремление работодателя уменьшить издержки на персонал, повышая финансирование основных видов своей деятельности.

На сегодняшний день по технологии заемного труда работают уже десятки миллионов людей в Америке и Европе. Аналогичные процессы происходят и в нашей стране. Однако использование заемного труда создает налоговые риски, а с 2016 г. возникли новые риски в виде штрафов за нарушение трудового законодательства. Несмотря на существующие проблемы, на протяжении последних лет российский рынок заемного труда демонстрирует устойчивый рост, что свидетельствует об интеграции России в общемировой экономический процесс и внедрении новых форм социально-трудовых отношений [1, с. 236].

В процессе формирования временного персонала в России выделяют следующие этапы:

1. Конец 1990-х гг. – возникновение новых видов деятельности по предоставлению труда временного персонала на российском рынке, таких как аутсорсинг персонала, аутстаффинг, лизинг персонала и т.д.

2. Начало 2000-х – активный рост и развитие рынка труда по предоставлению временного персонала в России. Распростра-

нение законного аутстаффинга на рынке сопровождается появлением недобросовестных организаций, занимающихся предоставлением труда временного персонала по договорам оказания услуг.

3. Начало 2015 г. – развитие системы нормативного регулирования сферы заемного труда [2, с. 3]. С 1 января 2016 г. российское законодательство приравнивает к «заемному труду» и запрещает такой вид деятельности, как «аутсорсинг персонала», а понятие «аутстаффинг» и его формы получают новое толкование в ст. 56.1 ТК РФ как «деятельность по предоставлению труда работников», подлежащая строгому регулированию со стороны государства [3, с. 178].

Выделяют такие формы организации заемного труда, получившие распространение в современной России, как аутсорсинг, аутстаффинг и лизинг персонала.

В современной экономике лидером в развитии данной услуги является Индия, которая получает более 50% мировых доходов от аутсорсинга. Самыми известными компаниями, предоставляющими услуги в области информационных технологий, являются Tata Consultancy Services, Genpact Limited, WNS Global Services [4]. Второе место в этом списке занимает Китай, насчитывающий более 1,3 млрд потребителей на своём рынке. Такие страны, как Малайзия, Бразилия, Индонезия, Таиланд и Филиппины конкурируют между собой на рынке аутсорсинга в течение последних нескольких лет, имея небольшое процентное отличие в получаемых доходах [5].

Россия в этом списке занимает 17 место. Основные российские компании-аутсорсеры: Auriga, ICL Services, MAYKOR, First Line Software, EPAM Systems, – входят в список «The 2017 Global Outsourcing 100», который каждый год составляется международной ассоциацией аутсорсинга IAOP [6].

Вовлечение России в работу в формате аутсорсинга началось со сферы IT-поддержки, налоговой и бухгалтерской отчетности, работы с архивами. Основными из этих видов в мировой практике считают IT-аутсорсинг и аутсорсинг бизнес-процессов. В современных условиях аутсорсинг является долгосрочным и постоянным процессом предоставления услуги заказчику. В мировой практике аутсорсинг распространён и широко применяется [7, с. 52].

На сегодняшний день аутсорсинг становится все более популярным и для современных компаний представляется выгодной сделкой, повышающей ее эффективность и конкурентоспособность. Одним из самых востребованных видов кадрового аутсорсинга в настоящее время в российских компаниях являются услуги найма, обучения и развития персонала. Передавая процессы, которые не относятся к основному производству, однако стратегически важны для аутсорсера, организация совершает взаимовыгодный обмен, позволяющий доверить реализацию данных функций профессионалам [8, с. 62].

Аутсорсинг – единственный сегмент реального сектора экономики России, показавший рост в 2016 г. Объем рынка аутсорсинга России на 2016 г. оценивался в 11–12 млрд долларов США. По данным одной из крупнейших аутсорсинговых компаний, лидерами по количеству аутсорсингового персонала являются розничные сети (15–20% от общего числа сотрудников), промышленное производство (15%) и сфера производства товаров народного потребления (20%). В розничных сетях Москвы доля аутсорсингового персонала достигает 50%, а в складских комплексах – 70–80%. Опыт таких крупных торговых и производственных компаний, как Coca-Cola, Pepsi, «Ашан», «Балтика», METRO и многие другие, показывает, что использование кадров через аутсорсинг в некоторых случаях составляет до 30% [9].

Наглядным примером успешного использования аутсорсинга является концерн IKEA. На данный момент фирма использует более 2500 сторонних организаций для производства продукции. Цепь поставок (логистическая служба) также передана на аутсорсинг. Вся деятельность организации сосредоточена на основном виде деятельности – на розничных продажах. Корпорация NOKIA полностью перевела на аутсорсинг техническое обслуживание и пользуется услугами ИТ-аутсорсинговых фирм, что позволяет организации снизить издержки. Также корпорация на аутсорсинг перевела услуги call-центра, что позволило ей сосредоточиться на основном производстве и маркетинге, а также на создании нового продукта [10, с. 154].

Одним из распространенных способов заимствования стороннего персонала является аутстаффинг, что в переводе с английского языка (outstaffing) означает «выведение персонала за пределы штата» [11, с. 109].

В настоящее время спрос на продукцию индустрии аутстаффинга ежегодно составляет около 30%. Объём продаж аутстаффинга на рынке оценивается в миллиарды: Германия – более 7 миллиардов; Великобритания – около 38 миллиардов; США – примерно 80 миллиардов. Число занятых

в данной сфере в ЕС и США составляет 7–10 млн человек [12, с. 33].

Аутстаффинг в России появился относительно недавно, тем не менее уже успел стать неотъемлемой частью отечественного рынка. Большинство российских организаций имеют возможность оценить её преимущества с точки зрения экономической эффективности и решить с её помощью ряд проблем, затрудняющих ведение бизнеса.

В Россию опыт аутстаффинга впервые принесли такие крупные международные компании, как Manpower и Kelly Services. Одной из первых профильных организаций в области аутстаффинга на российский рынок вышла компания Ventra Employment. Имея большой опыт кадровой деятельности, компания представила на рынок продукт соответствующий западным стандартам состава и качества услуги, адаптированный при этом под особенности российского рынка.

На данный момент основными потребителями услуг аутстаффинга являются компании, осуществляющие сезонные виды деятельности, организации, реализующие краткосрочные проекты, а также учреждения испытывающие потребность в высококвалифицированных сотрудниках, которых тяжело найти на рынке труда.

Если в начале распространения этого вида кадровой деятельности основными аутстафферами в нашей стране были преимущественно международные корпорации, в нынешнее время количество провайдеров увеличилось, среди них появилось много российских компаний. Наиболее известными кадровыми агентствами, предоставляющим услуги аутстаффинга в России, являются компании: «Ваш персонал», qWell.staffing, Leader Team, «Кристанваль» и другие.

С понятием аутстаффинг, очень тесно связано понятие лизинг персонала. Услуги по лизингу персонала, по его содержанию и по выводу за штат сотрудников для российского рынка труда – принципиально новые. В свою очередь, на Западе они широко применяются в течение 20–35 лет. За рубежом более 27% кадрового рынка составляет объем услуг по лизингу персонала. Например, численность американцев, которые находятся в штате стафф-провайдеров, составляет более 2,5 млн, а в странах – членах Европейского союза в течение года кадровые агентства трудоустраивают до 7 млн работников. Во Франции представляется возможным судить о темпах роста спроса на заемный труд, где количество штатных сотрудников в десяток раз меньше, чем лизинговых [13, с. 318].

Индустрия данной услуги по России растет стремительно, в среднем на 20–30% в год, а процент меняется в зависимости от развитости конкретного региона, при этом большая часть рынка остается неохваченной.

К услуге лизинга персонала прибегают компании разных отраслей – это промышленные предприятия, банки, розничные торговые сети, компании сектора FMCG и др. Прогнозируемый рост данной сферы услуг по России, прежде всего, связан с ростом осведомленности предприятий о возможности использования новых законных схем ведения бизнеса, а также с развитием различных отраслей рынка, особенно промышленности [14, с. 45].

Отметим преимущества и недостатки использования всех форм организации заемного труда (таблица).

Данные таблицы свидетельствуют, на наш взгляд, о превалировании преимуществ использования различных форм организации заемного труда над рисками и угрозами при их использовании. Таким образом, несмотря на минусы, аутсорсинг, аутстаффинг и лизинг персонала являются прогрессивными технологиями управления и применяются практически во всех сферах деятельности.

Таким образом, рассматриваемая система найма рабочей силы стоит на пороге большого будущего. Свидетельством востребованности аутсаффинга, аутсорсинга и лизинга персонала служат ежегодно увеличивающиеся темпы их развития. В условиях постоянной конкуренции предприятия обязаны оптимизировать свои затраты. А в условиях, когда отечественным законодательством запрещено использовать в договоре между контрагентами термины «аренда», «заём» или «лизинг» персонала, аутсорсинг или аутстаффинг, смысл самих функций не изменился, пусть даже имея разрешённое название, такое как «Договор на возмездное оказание услуг».

Заемный труд в перспективе может стать одним из эффективных путей разрешения проблемы сокращающихся трудовых ресурсов через возможность выполнения специалистом сходных работ в разных организациях без заключения множественных трудовых договоров и нерационального распределения времени. Кроме того, с помощью заемного труда появляется возможность подключить к работе в режиме неполного дня и совместительства пенсионеров, что вызовет рост предложения на рынке труда и позволит избежать серьезного дефицита [15, с. 115].

Преимущества и недостатки использования аутсорсинга, аутстаффинга, лизинга персонала

Преимущества	Недостатки
Аутсорсинг	
снижение затрат на заработную плату и обучение персонала, а также на установку необходимого программного обеспечения	возможность задержки компанией-аутсорсером подготовки необходимого для предприятия-заказчика проекта, либо выполнения своей работы некачественно
возможность предприятия-заказчика сконцентрироваться на основных видах деятельности	сложность при контроле производительности сотрудников компании-аутсорсера
доступ предприятия-заказчика к высококлассным специалистам и новым технологиям компании-аутсорсера	необходимость передачи компании-аутсорсеру некоторой конфиденциальной информации
при ухудшении деятельности предприятия-заказчика легче расторгнуть договор с компанией-аутсорсером, чем производить внутреннее сокращение персонала	возможность возникновения у предприятия-заказчика опасения за правильность ведения документации и предоставления этой документации в соответствующие органы компанией-аутсорсером
частичная передача ответственности за осуществляемые функции на компанию-аутсорсера	
Аутстаффинг	
минимизация расходов на ведение учета кадров, а также сокращение трудоемкости учетного процесса по расчетам заработной платы и ее налогообложению	возможность нелояльного отношения сотрудников к компании, которая не является официальным работодателем по документам
минимизация расходов на поиск высококвалифицированного персонала, мотивацию персонала	невозможность в полной мере проверить квалификацию сотрудников, а также повысить их квалификацию
возможность, не расширяя штат предприятия, использовать работников на сезонных работах,	невозможность осуществления должного контроля за качеством выполняемой сотрудниками работы
уменьшение доли как правовой, так и юридической ответственности за действующий персонал предприятия	неуверенность в том, что работа будет выполнена сотрудником качественно и в установленный срок
снижение, а иногда полное устранение текучести кадров	
оптимизация штатного расписания, а в некоторых случаях сокращение персонала предприятия	
наличие определенных возможностей использования упрощенной системы налогообложения	
отсутствие проблем, связанных с проверками работающего персонала миграционной, налоговой и иными уполномоченными службами	
Лизинг персонала	
сокращение издержек на административные расходы, избавление от расчетов всех налогов по сотрудникам	недостаточно лояльное отношение к компании временных сотрудников
сокращение издержек и времени на поиск и отбор квалифицированных кадров, отсутствие необходимости проводить мероприятия по удержанию ценных кадров	отсутствие возможности временного работодателя в должной мере способствовать стимулированию и повышению уровня квалификации персонала, принятого «в аренду»
возможность регулировать количество работников в зависимости от сезона, не оформляя их в штат, что экономит ресурсы	отсутствие возможности четкого контроля за новыми сотрудниками
ответственность за персонал практически отсутствует, в том числе правовая	отсутствие гарантий, что временный сотрудник приступит к необходимой задаче вовремя, закончит в нужный срок и все будет выполнено качественно
оптимизация штатного расписания	
инвестиционная привлекательность организации выше, что связано с соотношением прибыли и количества сотрудников, находящихся в штате.	
отсутствие проблем, связанных с проверочными комиссиями, например, службы миграции	

Источник: составлена авторами.

Заемный труд позволяет реализовать меры семейной политики, связанные с привлечением на рынок труда женщин, находящихся в отпуске по уходу за детьми, что, с одной стороны, расширяет предложение на рынке труда, а с другой стороны, стимулирует рождаемость (после рождения ребенка женщина не «выпадает» с рынка труда, не теряет навыки, доход и имеет хорошие перспективы трудоустройства).

В перспективе, по мнению экспертов, рынок заемного труда в России будет только развиваться, повторяя основные европейские тенденции. Учитывая потенциальную ёмкость рынка, развитие заемного труда приведет к положительному эффекту для всей экономики в виде роста рабочих мест и налоговых поступлений.

Список литературы

1. Делегеоз Е.Г. Правовая модель заемного труда // Вопросы российского и международного права. – 2017. – Т. 7. – № 1А. – С. 233–240.

2. Багирова А.П. Методические основы оценки эффективности заемного труда в условиях его ограничения в Российской Федерации / А.П. Багирова, И.И. Турсукова // Экон. анализ: теория и практика. – 2014. – № 41. – С. 2–9.

3. Ламехова А.А. Тенденции предоставления труда временного персонала в России // Вестник Челябинского государственного университета. – 2016. – № 2 (384). – С. 173–181.

4. The richest. Top 10 Outsourcing Companies in India. 2016 [Электронный ресурс]. – URL: https://vk.com/away.Ftop-10-outsourcing-companies-in-india. (дата обращения: 15.09.2017).

5. Kearney A.T. Global Services Location Index. – 2016 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultancy.uk/news/3169/the-top-40. (дата обращения: 15.09.2017).

6. Fortune. The 2017 Global Outsourcing 100 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.iaop.org/Content/19/165/4701(дата обращения: 15.09.2017).

7. Голуб А.Н., Короткова А.Н., Глухова В.С. Перспективы аутсорсинга // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. – 2016. – № 3–1 (71). – С. 51–54.

8. Коптева Ж.Ю. Перспективы развития HR-аутсорсинга в российских компаниях // В сборнике: Управленческие технологии и модели модернизационных процессов в российской экономике: история и современность Сборник научных статей II Международной научно-практической конференции. Под ред. Кузьминой В.М. – 2015. – С. 60–62.

9. Что такое аутсаффинг персонала? [Электронный ресурс]. – URL: http://1popersonalu.ru/ upravlenie/ autstaffingpersonala.html (дата обращения: 15.09.2017).

10. Зверева В.А. Современные формы предпринимательской деятельности: аутсорсинг в России // Перспективы развития предпринимательства в России: сборник научных трудов преподавателей, аспирантов и студентов кафедры экономики и предпринимательства Института экономики, управления и права МГОУ. – Москва, 2017. – С. 148-155.

11. Чукреев А.А. Совершенствование правового регулирования заемного труда в России // Вестник Пермского университета. Юридические науки. – 2015. – № 2. – С. 109.

12. Сайбель Н.Ю., Герман Д.Д. Аутсорсинг и аутстаффинг как услуги на мировом рынке // Лучшая научно-исследовательская работа 2017: сборник статей IX Международного научно-практического конкурса. – 2017. – С. 30–34.

13. Кравчина К.В., Иртегова Е.Г. Настоящее и будущее аутстаффинга на отечественных предприятиях // Наука XXI века актуальные направления развития. – 2016. – № 1–1. – С. 316–320.

14. Котляров И.Д. Аутсорсинг персонала и аутстаффинг как инструменты усиления отчуждения труда // Вестник Ивановского государственного университета. Серия «Экономика». – 2012. – № 1. – С. 44–46.

15. Шелест А.С. Особенности и перспективы развития заемного труда в России // Уровень жизни населения регионов России. – 2013. – № 2 (180). – С. 109–116.

УДК 332.146:338.242

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ КОНКУРЕНЦИИ НА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ РЫНКАХ

Апенько С.Н., Мамонтов С.А.

ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», Омск, e-mail: apenkosn@yandex.ru

Статья посвящена структурированию переменных и параметров, определяющих условия и результаты развития конкуренции на региональных потребительских рынках. Методологической спецификой предложенной структуры является постулирование удовлетворения конкурентных интересов конечных потребителей в качестве целевой направленности развития конкуренции. Конкурентные интересы рассматриваются как сочетание трех разнонаправленных составляющих: снижение цен; расширение для потребителей альтернатив выбора продуктов производства; повышение качества товаров и услуг. В качестве нецелевых ограничительных результатов развития конкуренции рассматриваются показатели ее влияния на реализацию интересов предприятий-производителей и региональных властей. В качестве аргументов и условий развития конкуренции рассматриваются маркетинговая активность предприятий и межфирменное взаимодействие, а также влияние государственного фактора на развитие конкуренции и факторов спроса. Структурирование переменных и параметров в дальнейшем даст возможность сформировать, систематизировать и операционализировать систему показателей, методов, алгоритмов и инструментов проведения оценки развития конкуренции.

Ключевые слова: конкуренция, регион, рынок, оценка развития конкуренции, методология оценки

METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR THE ASSESSMENT OF THE DEVELOPMENT OF COMPETITION IN THE REGIONAL CONSUMER MARKETS

Apenko S.N., Mamontov S.A.

Omsk State University F.M. Dostoevsky, Omsk, e-mail: apenkosn@yandex.ru

The article is devoted to the structuring of variables and parameters that define the conditions and results of the development of competition in regional consumer markets. Methodological specifics of the proposed structure are the premise of the interests of end consumers as a target orientation of competition development. Target orientation is considered as a combination of three different vectors of action: lower prices; increased consumer choice of alternatives to food production; improving the quality of goods and services. As inappropriate development in the competition are considered indicators of its impact on the realization of the interests of manufacturers and regional authorities. As arguments and conditions for the competition development are considered marketing activities and inter-firm interaction, the influence of public factors on the competition development, the demand factors influence. Structuring variables and parameters in the future will provide an opportunity to generate, systematize and operationalize the system of indicators, methods, algorithms and tools to assess the competition development.

Keywords: competition, region, market, assessment of competition development, evaluation methodology

Краткий обзор современных исследований по проблеме оценки развития конкуренции

Развитие конкуренции на региональных рынках является одним из приоритетных направлений деятельности органов государственного регулирования экономики, свидетельством чему являются, например, принятые Правительством РФ План мероприятий (дорожная карта) «Развитие конкуренции и совершенствование антимонопольной политики» [1], «Стандарт развития конкуренции в субъектах Российской Федерации» [2], а также многочисленные отраслевые и региональные документы нормативного и управленческого характера, реализация которых направлена на улучшение конкурентной ситуации на рынках.

Прикладное, юридически зафиксированное определение конкуренции дано в статье 4 Федерального закона «О защите конкуренции»: «конкуренция – соперничество хозяйствующих субъектов, при котором самостоятельными действиями каждого из них исключается или ограничивается возможность каждого из них в одностороннем порядке воздействовать на общие условия обращения товаров на соответствующем товарном рынке» [3].

Общетеоретическим основанием подхода к регулированию экономики с учетом обязательности стимулирования развития конкуренции является теория рыночной конкуренции, которая показывает, что положительные черты совершенной рыночной конкуренции (оптимальное размещение ресурсов, тенденция к минимизация затрат и цен и др.) для экономики существенно важнее ее негативных сторон (рассредоточение и дробление ресурсов, вырождение конкурентного рынка в состояниях нерав-

новесия и др.) [4], особенно если эти отрицательные эффекты контролируются и регулируются государством.

Однако содержание (и понимание) конкуренции настолько широко и многозначно, что, по мнению ученых не существует единой теории конкуренции [5]. Практиков конкуренция (как сущность) чаще всего не интересует. А в различных теоретических трактовках (структурной, функциональной, поведенческой и др.) конкуренция «...выступает своеобразным инструментом решения других задач...» (Тарануха, [5, с. 14]). В то же время необходимость измерения, оценки конкуренции, состояния конкурентной среды, развития конкуренции и т.д. признается необходимым во многих случаях. «Существует много подходов к такому измерению, но каждый подход предназначен для ответа на конкретный вопрос, решение конкретных задач. Каждый из подходов может быть лучше или хуже другого в смысле адекватности поставленной задаче» (Авдашева, [5, с. 11]).

Упомянутые в начале статьи документы по развитию конкуренции в регионах носят комплексно-интегрирующий характер в том смысле, что они исходят из неявного предположения о том, что:

а) поскольку в развитии конкуренции заинтересованы государство и общество в целом, то в равной степени в этом заинтересованы и все участники рынка;

б) существует некая многоаспектная, но универсальная оценка рыночной конкуренции, результаты которой единообразно воспринимаются и трактуются участниками рынка.

Однако и цели оценки конкуренции для различных заинтересованных сторон (потребителей, производителей, государства), и характер понимания влияния развития конкуренции на поведение участников рынка различаются. Следствием этого является существование множества проблем терминологического, методологического, методического и инструментального характера при решении задач оценки развития конкуренции и сопряженных с ними задач.

Вышесказанное отражает изначальное противоречие, лежащее в основе проблемы формирования методологии оценки развития рыночной конкуренции в регионе: с одной стороны, в многоаспектности и многоплановости подходов к оценке развития конкуренции в регионе и, как следствие, множественности несогласованных еще на теоретико-методологическом уровне результатов этих оценок; с другой стороны – в необходимости выработки согласованной, интегрированной информации для принятия управленческих решений, связанных с развитием конкуренции в регионе.

Комплексность, синергизм, учет различных аспектов проблемы, в том числе региональных особенностей и динамики социально-экономических факторов, предполагает необходимость изучения проблемы не путем механического объединения результатов различных исследований, а рассмотрение ее на методологическом уровне, предполагающем определение системы взаимозависимых целей и ориентацию на них, структуризацию объекта и предмета исследования, выработку и интеграцию системы методов, по возможности единую операционализацию показателей и проектно-организационное обеспечение.

Отметим, что такая попытка интеграции (точнее – сопоставления, сопряжения) оценок конкуренции со стороны различных участников рынка не может претендовать на всеобъемлющую универсальную оценку, что отражает наше согласие с точкой зрения С.Б. Авдашевой, что не существует «..теории, которая позволила бы сразу ответить на все вопросы, равно как и универсальной методики, позволяющей измерить конкуренцию» [5, с. 11].

Принятая в 2011 г. «Методика определения основных показателей и критериев оценки состояния конкурентной среды» [6] предполагает для оценки состояния конкурентной среды использовать показатели:

а) показатель интенсивности конкуренции, который определяет степень соперничества между конкурирующими на рынке хозяйствующими субъектами и базируется на данных, полученных в результате опросов хозяйствующих субъектов;

б) показатель состояния конкурентной среды, который определяет степень развития конкурентной среды и базируется на данных, полученных в результате опросов хозяйствующих субъектов и официальной статистической информации.

Отметим, что конкурентная ситуация при этом не исследуется с точки зрения потребителей. На необходимость учета и этого аспекта указывают, например, И.В. Князева [7], Н.Н. Заикин [9]. Роль методического инструментария региональной диагностики, заключающаяся в преобразовании и упорядочивании исходной информации в значимые с точки зрения управляющей подсистемы индикаторы, систематизация основных методов региональной диагностики исследована в работе М.А. Юдиной [8]. Общие, отраслевые и иные сопряженные аспекты развития конкуренции в регионах рассматриваются во многих работах последних лет. Так, акцент

на статистический анализ инновационной деятельности в регионах сделан в работе Н.Б. Медведевой [10], дифференциация регионального рынка медицинских услуг исследована Г.Р. Нугумановой [11], проблемы оценки особенностей развития и результативность региональной политики поддержки малого предпринимательства показаны в работе А.П. Вершининой [12], проблемы взаимосвязи конкурентоспособности экономики региона и антимонопольного регулирования – в работе П.П. Воронцова [13]. В работе В.В. Колегова [14] изучены особенности организации оценки регулирующего воздействия государства на состояние региона; показана необходимость такой оценки не только на федеральном уровне агрегированных данных, но и «изнутри» (на региональном уровне). А.Е. Чепик [15] делает акцент на статистических исследованиях неравномерности социально-экономического развития муниципальных образований региона. Исследования В.В. Волкова [16] посвящены конкурентоспособности субъектов хозяйственной деятельности на основе учета индивидуальных особенностей развития региона, Д.Р. Игошиной [17] – государственному регулированию деятельности естественных монополий на уровне региона». Е.С. Торбиной [18] изучен организационно-экономический механизм стратегического мониторинга социальной сферы муниципальных районов региона, в частности предложена система показателей информационного обеспечения мониторинга, методика определения стадий развития социальной сферы муниципальных районов. В диссертации Е.Н. Гребенкиной [19] обобщены теоретические положения и опыт применения методик оценки конкурентоспособности регионов, их функциональных и институциональных подсистем, дана системная оценка их достижений и недостатков, обоснована необходимость разработки методики, обеспечивающей продуктивный синтез теоретических и методических положений, позволяющих обеспечить количественную оценку конкурентоспособности каждого конкретного региона, базирующуюся на объективных, статистически достоверных данных. Конкурентоспособность автор предлагает оценивать исключительно на данных официальной статистики, что на наш взгляд, с одной стороны, приводит к оперированию излишне агрегированными показателями, с другой – исключает из рассмотрения источники информации, не подверженные официальной статистике, такие, например, как маркетинговые оценки или данные общественных организаций. О.П. Никифоровой [20] изучены проблемы, оценка и регулирование развития локального продовольственного рынка региона. Повышению функциональной роли мониторинга общественного мнения в деятельности органов исполнительной власти на региональном уровне посвящены исследования Р.И. Назифуллина [21]. Тематика работ Е.Н. Бондаренко [22] – совершенствование методов оценки конкурентоспособности экономики региона. В.В. Гусевым [23] предложена укрупненная схема («когнитивная карта механизма») системной диагностики устойчивости социально-экономического развития региона. Е.С. Литвинчук [24] предлагает направления совершенствования мониторинга социальных факторов развития региона. Отраслевые аспекты конкуренции и связанные с ним проблемы рассмотрены в последние годы, например, в работах В.А. Черкасова [25], О.А. Рожковой [26], Н.В. Ходариновой [27], О.А. Пичугина [28] и других авторов.

Различные аспекты оценки конкуренции и конкурентной среды рассматривались на круглом столе, организованном Аналитическим центром при Правительстве РФ [29]. В частности, отмечалось, что конкуренция – это многомерное явление. Для разных измерений конкуренции необходимо определить свои показатели. В связи с этим были выделены две основные группы параметров: структурные показатели, которые характеризуются наличием тех или иных структурных факторов, влияющих на степень конкуренции на рынке, и результирующие показатели, характеризующие влияние конкуренции на результаты деятельности фирм.

Структурирование проблемы оценки развития конкуренции позволит обосновать методологические основы мониторинга развития конкуренции в регионе: выявить и структурировать цели; определить принципы оценки, обусловленные различными подходами; структурировать информационно-аналитическую базу, что в дальнейшем даст возможность сформировать, систематизировать и операционализировать систему показателей, методов, алгоритмов и инструментов проведения оценки.

Цель исследования

Цель: обоснование и построение модели конкуренции на региональных потребительских рынках путем выделения и структурирования переменных – аргументов, целей, ограничений и параметров, определяющих зависимость результатов конкуренции от определяющих ее условий. Особенностью моделирования является ме-

тодологический акцент на потребительские интересы как целевую направленность развития конкуренции и соответствующее влияние государственного регулирования рынков на развитие конкуренции.

Материалы и методы исследования

Говоря о развитии конкуренции в регионе, мы имеем в виду прежде всего рынки B2C, на которых в качестве потребителей выступают жители региона. Для построения модели оценки конкуренции рассмотрим вначале общую модель рынка, затем декомпозируем ее, уточняя и конкретизируя отдельные составляющие, учитывающие особенности регионального потребительского рынка. В общей модели выделим два рынка, на которых конкурируют фирмы: рынок ресурсов и рынок конечных потребителей (рис. 1). Поведение участников этих рынков, формирующих спрос и предложение на ресурсы и конечные товары и услуги, а также механизм ценообразования, зависящий от структуры рынка и внешних факторов, влияющих как на субъекты рынка, так и на рыночный механизм, определяют рыночную среду, в которой и происходит соперничество (конкуренция) фирм.

Декомпозиция общей модели требует предварительной расстановки терминологических и методологических акцентов.

Для целей исследования зафиксируем используемое далее понимание термина методология: «Методология – учение об организации деятельности» [30, с. 20]. Под организацией здесь мы вслед за авторами данного определения понимаем «внутреннюю упорядоченность, согласованность взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, обусловленного его строением, а также совокупность процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого» [30, с. 20].

Такой методологический акцент обусловлен следующими соображениями.

I. Приведенное определение не противоречит многоуровневому пониманию методологии:

а) философский уровень;

б) общенаучный;

в) частнонаучный;

г) технологический – конкретные методики и техники исследования (см., например, [31] и др).

II. В частности, первые два уровня методологии применительно к нашему исследованию определяют следующие методологические принципы научного познания и их проявления:

а) принцип детерминизма, выступающий в контексте данного исследования, прежде всего, в форме причинности как совокупности обстоятельств, обусловливающих некоторое явление; и предполагающий наличие разнообразных объективно существующих форм взаимосвязи явлений, некоторые из которых выражаются в виде не только прямых зависимостей, но и как соотношения неопределенности, многоаспектности, вероятности, конвергенции;

б) принцип соответствия, проявляющийся в контексте данного проекта путем идентификации общей межпредметной области исследования, что не отрицает предшествующего знания по сути, а выявляет существующие границы его применимости и расширяет их, тем самым создавая предпосылки для получения нового знания;

в) принцип дополнительности, проявляющийся в контексте исследования как возможность описания одной и той же проблемной области различными теориями. Важнейшим частным следствием указанных принципов применительно к нашему исследованию является его комплексность и интегративность.

III. Явно выраженная практико-ориентированность проблемы, в том числе с учетом имеющейся потребности не в разовой, а регулярно проводимой оценке рыночной конкуренции. Например, «Стандартом развития конкуренции» [2] предусмотрено проведение ежегодного мониторинга конкурентной ситуации в регионе, для которого стандартом обозначены общие принципы и содержательное наполнение. Методика и, как следствие, система организации проведения мониторинга стандартом не описана, а ее определение возлагается на региональные структуры.

Учитывая это, а также принимая во внимание проблемы и противоречия, описанные во введении, можно говорить о том, что деятельность по оценке конкуренции носит признаки и репродуктивной (копируемой из прошлого опыта) и продуктивной (создающей новый результат) деятельности. В этом случае использование организационного аспекта понимания методологии позволит сосредоточить внимание на «…упорядоченности, согласованности… автономных частей целого…» и др. аспектах методологии как процесса оценки конкуренции, так и сопряженных с ним проблем определения потребностей в оценочной деятельности, предмета, методов оценки и т.д. Иными словами, сосредоточиться на логической и временно́й структуре деятельности как составляющих «схемы методологии» [30, с. 25].

IV. Отметим еще несколько важных аспектов, связанных с понятием «развитие конкуренции в регионе». По своей сущности, конкуренция – это процесс, «непрерывный и непрекращающийся, а не смена разных состояний» ([5], с. 11). Причем завершение этого процесса, например, для обанкротившейся фирмы не означает завершения процесса для всего рынка.

Это, с одной стороны, свидетельствует еще об одной стороне конкуренции: ее сре́довом характере (в том смысле, что конкуренция проявляется как синергия, и интегрирующая рыночную деятельность предприятий, и являющаяся средой этой рыночной деятельности), порождаемым ее процессными свойствами: функционируя в конкурентной среде, фирмы своей деятельностью также влияют на свойства этой среды. В этом контексте непрерывность деятельности предприятий и предопределяет процессную природу конкуренции.

С другой стороны, рассмотрение конкуренции как процесса обусловливает необходимость применения методов сравнительной статики для оценки развития конкуренции (через фиксацию и оценку состояний этого процесса).

Таким образом в количественном смысле под развитием конкуренции будем понимать изменение показателей, полученных в разные периоды (в разных состояниях). С таким подходом связаны некоторые методологические аспекты, которые необходимо учитывать в дальнейшем. Во-первых, это вопрос соотнесения и интерпретации оценок развития конкуренции: они могут зависеть от точки зрения участников рынка (потребителей, производителей, государства). Во-вторых, вопрос о необходимости использования единой измерительной модели при проведении оценок в разные периоды.

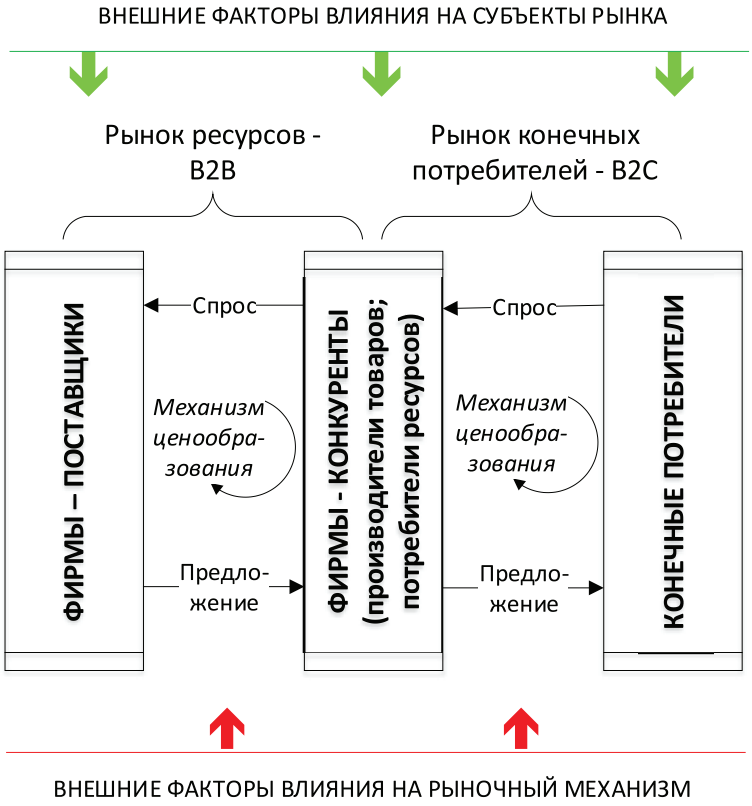


Рис. 1. Взаимодействие потребительского и ресурсного рынков как основа формирования конкурентной среды

Важной составляющей оценки конкуренции в контексте понимания термина «организация» как внутренней упорядоченности, согласованности взаимодействия частей целого является понимание границ региона и границ региональных рынков. Границы рынков определяются через характеристики товара как средства удовлетворения потребностей (в частности, способность к замещению в потреблении и, как следствие, в спросе), а также территориальная доступность товаров и услуг. Выделение границ рынков носит нетривиальный характер и требует рассмотрения в каждом отдельном случае. Что касается границ региона, то, учитывая относительную самостоятельность регионов административно-территориального деления страны, в том числе в части регулирования рынков, целесообразно в качестве границ региона оценки конкуренции рассматривать административные границы региона.

Еще одним проблемным для оценки развития конкуренции в регионе аспектом является соотнесение оценок конкуренции на отдельных рынках, в отдельных территориальных образованиях и в регионе в целом. Очевидно, механическое суммирование или усреднение оценок, полученных для рынков (отраслей), не позволит получить единую содержательную оценку внутрирегиональной конкуренции.

Результаты исследования и их обсуждение

Для общей модели, представленной ранее (см. рис. 1), введем следующие ограничения, которые, по нашему мнению, могут служить естественными предпосылками следующего уровня моделирования конкуренции на региональных потребительских рынках.

1. Будем исходить из предположения, что целью развития конкуренции на потребительском рынке (а значит, и целью государственной политики содействия развитию конкуренции на нем) является более полное удовлетворение потребителей в товарах и услугах. То есть конкуренция в конечном счете должна развиваться в интересах конечных потребителей. Отметим, что это предположение не является единственно возможным. Например, предприятия могут быть заинтересованы в ограничении конкуренции: более выгодных рыночных условиях для себя и ограничениях – для соперников. Тем не менее необходимость построения непротиворечивой модели и, главное, представление о благотворном влиянии конкуренции на экономику потребительских рынков обусловливает это ограничение.

2. Интересы потребителей будем понимать, как сочетание трех составляющих:

а) снижение цен;

б) расширение альтернатив выбора продуктов;

в) повышение качества товаров и услуг.

Отметим, что изменения этих составляющих чаще всего носят разнонаправленный характер. Так, с точки зрения производителей, улучшение свойств и разнообразия товаров, как правило, приводит к увеличению затрат на его производство и, как следствие, к возможному повышению цены или, при сохранении цены, снижению прибыльности и т.д.

3. С точки зрения экономической теории совершенная конкуренция, как предельное состояние конкуренции, характеризуется четырьмя признаками:

а) однородностью продукции;

б) большим количеством независимых и незначительных по объему производства/потребления участников рынка;

в) свободой входа на рынок участников и выхода из него;

г) полной информированностью участников о характеристиках рынка.

В контексте специфики потребительского рынка будем исходить из следующего:

а) рынок неоднороден (дифференцирован), что обусловлено индивидуальными субъективными предпочтениями потребителей; рынок может быть сегментирован на группы похожих по своим потребительским предпочтениям и иным параметрам потребителей; адаптация производителей под неоднородность рынка реализуется на основе маркетинговых стратегий конкуренции, разрабатываемых и реализуемых фирмами-производителями товаров и услуг;

б) количество потребителей велико и соответствует условиям конкурентного рынка;

в) рыночный вход/выход со стороны потребителей обусловлен ценовыми и неценовыми факторами спроса (изменение дохода, склонность к замещению и др.); рыночный вход/выход производителей обусловлен ожидаемой/фактической экономической эффективностью их деятельности;

г) и потребители, и производители заинтересованы в получении информации о характере конкуренции на рынке.

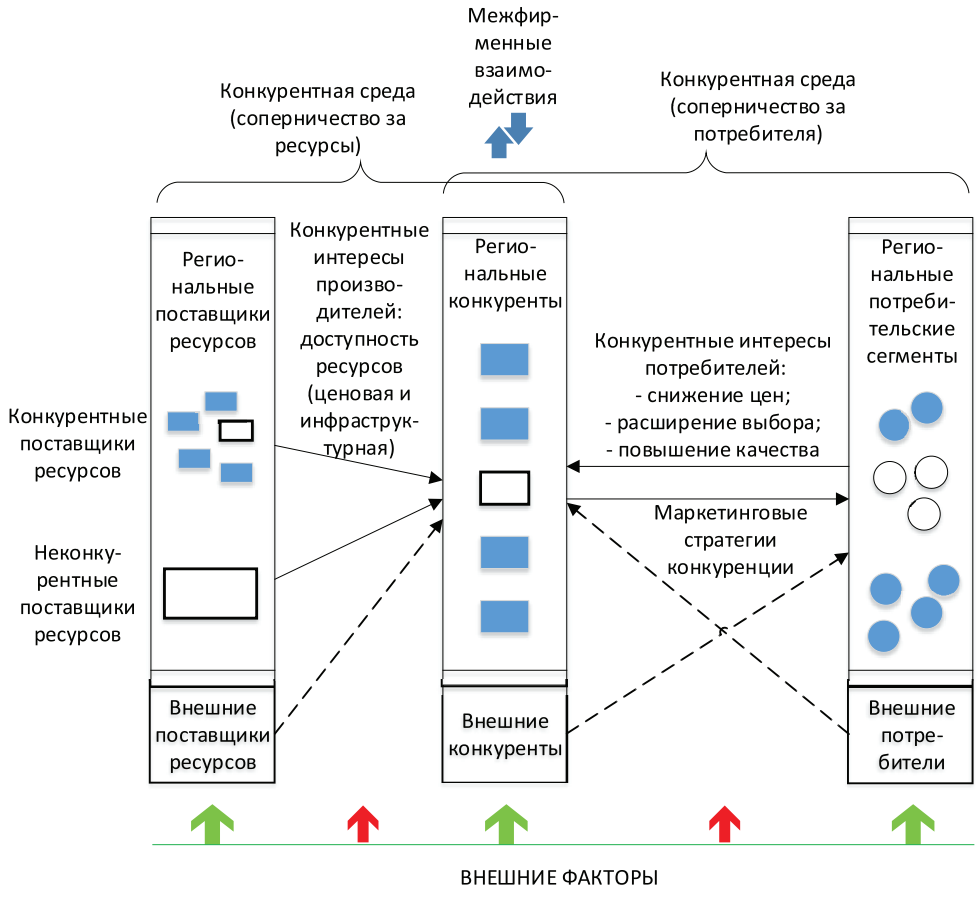


Рис. 2. Модель конкуренции на региональном потребительском рынке; внешние факторы показаны далее (рис. 3)

4. Следующие причины позволяют, по нашему мнению, на данном уровне агрегирования модели объединить спрос и предложение на рынке ресурсов в единую связь «доступность ресурсов» между субъектами ресурсного рынка:

а) спрос на ресурсы на B2B является производным от спроса на B2C (наличие второго обусловливает наличие первого);

б) для производства товаров и услуг, как правило, необходимо множество разнообразных ресурсов, которые приобретаются на рынках с различными конкурентными свойствами;

в) большинство универсальных ресурсов (энергия, вода и др.), как правило, поставляются естественными монополистами, что, даже при наличии иных необходимых ресурсов, делает доступность этих универсальных ресурсов критически необходимой; но в случае рынка чистой монополии функция предложения даже теоретически не определяется (имеет многозначный характер).

5. Отметим также, что на конкурентную ситуацию внутри региона могут оказывать существенное влияние и поставщики, и производители, и потребители других регионов.

Наличие двух взаимодействующих рынков (рынка ресурсов и рынка конечной продукции) обусловливает наличие в конкурентной среде, в которой функционируют предприятия – производители продукции, двух взаимозависимых и взаимопересекающихся конкурентных сред (рис. 2).

Рассматривая конкуренцию как взаимодействия (взаимоотношения) фирм-производителей, происходящие в зоне пересечения конкурентных сред, отметим, что это взаимодействие может иметь не только характер соперничества (таблица).

Исходя из характера взаимодействия потенциальных соперников-конкурентов, можно сделать предположение о том, что развитию конкуренции в интересах потребителей соответствуют, прежде всего, взаимоотношения типа «М» (маркетинг), если при этом отсутствуют взаимоотношения типа «Ф» (функциональное) и «И» (информационное). И наоборот, наличие взаимоотношений типа «И» может косвенно свидетельствовать о потенциальном сговоре; наличие взаимоотношений типа «Ф» – о возможной горизонтальной интеграции.

В таком случае взаимоотношения типа «И» или «Ф» потенциально снижают внутрирегиональную конкуренцию, типа «М» (при отсутствии «И» и «Ф») – повышают.

Отметим также, что в некоторых случаях функциональное и информационное взаимодействие может иметь и положительный для региональной экономики характер, например, в случае необходимости противостояния вхождению на региональный рынок сильных внешних игроков, которые могут подавить внутреннюю конкуренцию (Клейнер, Тарануха [5]).

Выводы

В результате проведенного моделирования можно предложить принципиальную модель конкуренции, функционально связывающую результаты процесса конкуренции с аргументами и параметрами, характеризующими конкурентную среду (рис. 3). Эта модель не носит строго математического характера, но является начальным содержательным шагом для ее построения.

Типы взаимоотношений между компаниями (по Г.Б. Клейнеру [5], структурировано)

Усл. обозначение	Характер взаимодействия	Безразличие	Конкуренция	Контактирование	Копродукция	Кооперация	Координация	Коэволюция	Консолидация
Ф	Наличие (+) или отсутствие (–) функциональных взаимодействий субъектов, т.е. взаимодействий в ходе их производственно-хозяйственной деятельности	–	–	–	+	+	+	–	+
И	Наличие (+) или отсутствие (–) информационных взаимодействий субъектов, обмен текущей (ситуационной) информацией	–	–	+	–	+	–	+	+
М	Учет (+) отсутствие учета (–) информации о долгосрочных намерениях и интересах субъектов	–	+	–	–	–	+	+	+

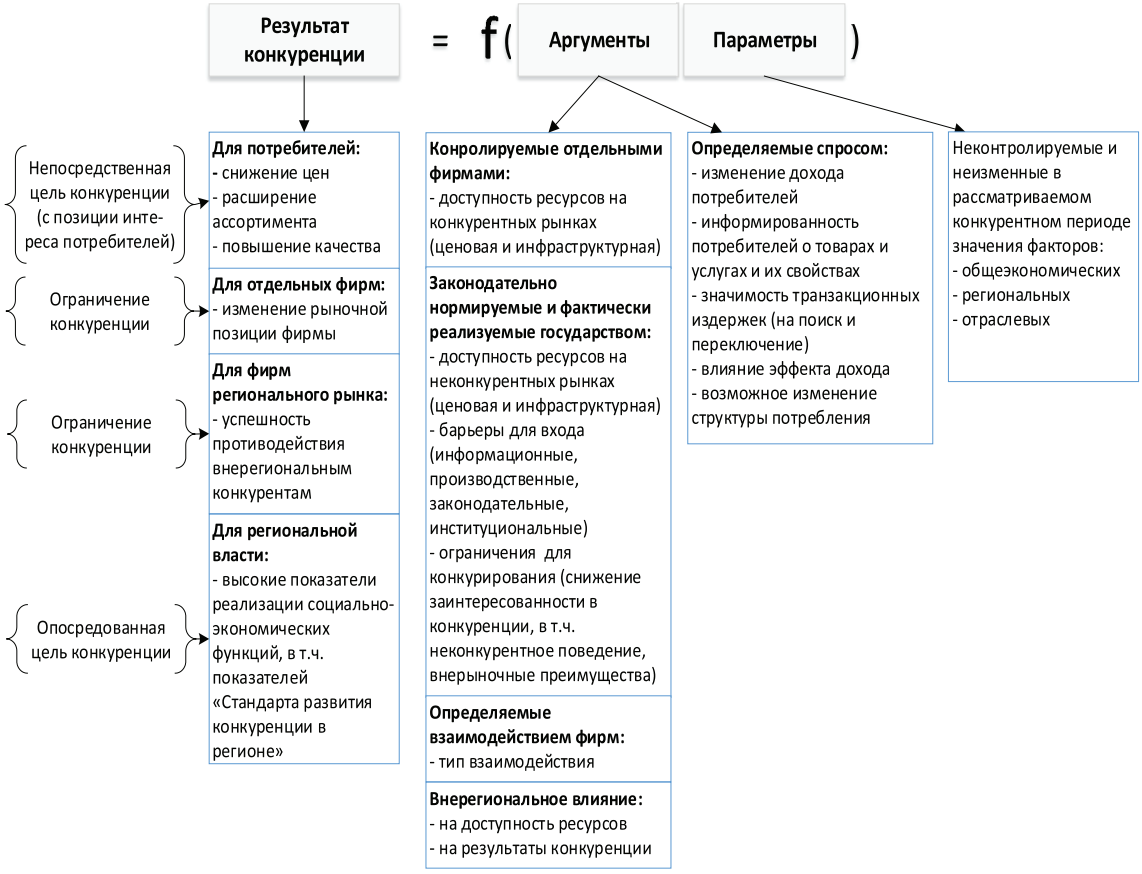


Рис. 3. Принципиальная модель конкуренции на потребительском рынке региона – основа для построения модели измерения конкуренции: предмет оценки конкуренции (комплекс неоперационализированных[1] показателей условий и результатов конкуренции). Примечание. [1]Операционализация показателей может различаться для разных отраслей (рынков)

$f()$ – это формальное представление конкуренции как функции. Выявить математический вид этой функции на данном этапе построения модели не представляется возможным. Скорее всего, это вряд ли удастся сделать в явном виде. Тем более что и аргументы, и параметры, и результаты многомерны и сложноформализуемы.

Функция $f()$ в данной модели имеет латентный характер и отражает экономические функции конкуренции (стимулирующую, селекционную и т.д.). Практиков, как уже говорилось во введении, вряд ли интересует математическое представление этой функции и сущностный смысл самой конкуренции. Тем не менее установление взаимосвязи между условиями и результатами конкуренции – и практически, и теоретически значимо. Решение этой задачи требует последующей операционализации показателей, приведенных в модели, построения соответствующих шкал, последующего измерения, анализа и интерпретации показателей. Как предположение отметим, что в качестве претендентов на соответствующие методы можно рассматривать многомерное шкалирование, факторный анализ, метод анализа иерархий Саати и другие (операционализация показателей и выбор моделей в данной статье не приводится). В свою очередь оценка развития конкуренции может быть представлена как изменение полученных в разные периоды времени результатов конкуренции с выявлением переменных или параметров, вносящих основной вклад в это изменение.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Омской области, № проекта 17-12-55007.

Список литературы

1. План мероприятий («дорожная карта») «Развитие конкуренции и совершенствование антимонопольной политики» [Текст]: распоряжение Правительства РФ от 28 декабря 2012 г. № 2579-р [Электронный ресурс]. – URL: http://government.ru/docs/3386/ (дата обращения: 21.09.2017).

2. Стандарт развития конкуренции в субъектах Российской Федерации [Текст]: распоряжение Правительства РФ от 5 сентября 2015 г. № 1738-р [Электронный ресурс]. – URL: http://fas.gov.ru/vazhnaya-informacziya/standart-razvitiya-konkurenczii/ (дата обращения: 21.09.2017).

3. Федеральный закон «О защите конкуренции» от 26.07.2006 № 135-ФЗ [Текст]: Принят Государственной Думой РФ 8.07.2006 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61763/ (дата обращения: 21.09.2017).

4. Гальперин В.М., Игнатьев С.М., Моргунов В.И. Микроэкономика: В 3-х т. / Общая редакция В.М. Гальперина. – СПб.: «Экономическая школа» ГУ ВШЭ, 2008. – Т. 2. – 512 с.

5. Вопросы теории конкуренции. Отчет по итогам круглого стола 19.05.2010 // Современная конкуренция. – 2010. – № 3 (21). – С. 4–37.

6. Об утверждении методики определения основных показателей и критериев оценки состояния конкурентной среды [Текст]: Приказ Министерства экономического развития РФ от 4 апреля 2011 г. № 137 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/55071063/#ixzz4tHUVpmk5 (дата обращения: 21.09.2017).

7. Князева И.В. Сохранение конкуренции на рынке – стратегическая задача антимонопольной политики в Сибирском федеральном округе // Научные записки Сибирской академии государственной службы. – Новосибирск, 2006. – С. 3–8.

8. Юдина М.А. Диагностика проблем развития региональных социально-экономических систем на основе мультипараметрического моделирования (на примере Омской области): автореф. дис. … канд. экон. наук. – Екатеринбург, 2015. – 24 с.

9. Заикин Н.Н. Особенности развития конкурентной среды России в условиях глобальной нестабильности: автореф. дис… канд. экон. наук. – Томск, 2015. – 21 с.

10. Медведева Н.Б. Статистический анализ инновационной деятельности в Российской Федерации: региональный аспект: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Москва, 2016. – 30 с.

11. Нугуманова Г.Ф. Оценка структурной дифференциации регионального рынка медицинских услуг (на примере Республики Татарстан): автореф. дис. … канд. экон. наук. – Казань, 2015. – 25 с.

12. Вершинина А.П. Оценка особенностей развития и результативность региональной политики поддержки малого предпринимательства: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Барнаул, 2015. – 26 с.

13. Воронцов П.П. Обеспечение конкурентоспособности экономики региона на основе инструментария антимонопольного регулирования: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Ростов-н/Д, 2015. – 24 с.

14. Колегов В.В. Совершенствование системы оценки регулирующего воздействия в государственном управлении на региональном уровне: автореф.. дис. … канд. экон. наук. – Москва, 2015. – 26 с.

15. Чепик А.Е. Статистическое исследование неравномерности социально-экономического развития муниципальных образований региона: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Москва, 2015. – 23 с.

16. Волков В.В. Повышение конкурентоспособности субъектов хозяйственной деятельности на основе учета индивидуальных особенностей развития региона: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Тамбов, 2015. – 22 с.

17. Игошина Д.Р. Государственное регулирование деятельности естественных монополий на уровне региона: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Москва, 2015. – 20 с.

18. Торбина Е.С. Организационно-экономический механизм стратегического мониторинга социальной сферы муниципальных районов региона (на примере Оренбургской области): автореф. дис. … канд. экон. наук. – Челябинск, 2016. – 25 с.

19. Гребенкина Е.Н. Управление конкурентоспособностью регионов: стратегические направления и инструментарий): автореф. дис. … канд. экон. наук. – Курск, 2014. – 23 с.

20. Никифорова О.П. Развитие локального продовольственного рынка региона: оценка и регулирование: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Улан-Удэ, 2014. – 24 с.

21. Назифуллин Р.И. Повышение функциональной роли мониторинга общественного мнения в деятельности органов исполнительной власти на региональном уровне: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Кисловодск, 2014. – 24 с.

22. Бондаренко Е.Н. Совершенствование методов оценки конкурентоспособности экономики региона: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Владикавказ, 2014. – 24 с.

23. Гусев В.В. Совершенствование методического обеспечения устойчивого социально-экономического развития региона на основе его системной диагностики: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Барнаул, 2014. – 27 с.

24. Литвинчук Е.С. Совершенствование мониторинга социальных факторов развития региона: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Курск, 2014. – 23 с.

25. Черкасов А.В. Организационно-метолический инструментарий развития локального продовольственного рынка в регионе: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Тамбов, 2014. – 23 с.

26. Рожкова О.А. Межбанковская конкуренция на региональном уровне: оценка и регулирование (на примере Самарской области): автореф. дис. … канд. экон. наук. – Самара, 2014. – 24 с.

27. Ходаринова Н.В. Особенности и пути повышения эффективности регулирования товарных рынков промышленной продукции с ограниченной конкуренцией // Современная экономическая мысль. – 2013. – № 2. – С. 47–52.

28. Пичугин О.А. Применение технологий стратегического и антикризисного управления конкуренцией на рынке сельскохозяйственной продукции региона: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Екатеринбург, 2012. – 22 с.

29. Круглый стол «Вопросы теории конкуренции» // Современная конкуренция. – 2010. – № 3(11). – С. 4–37.

30. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология. – М.: СИНТЕГ, 2007. – 668 с.

31. Новая философская энциклопедия: В 4-х т. – М.: Мысль, 2000.- Интернет-версия издания: Новая философская энциклопедия: в 4 т. / Институт философии РАН; Национальный общественно-научный фонд.- https://iphlib.ru/greenstone3/library/collection/newphilenc/page/about (дата обращения: 21.09.2017).

32. Инструментарий для оценки воздействия на конкуренцию. В 2-х т. Версия.2.0. – Организация экономического сотрудничества и развития. – OECD 2011. – [Текст]: http:// www.oecd.org/competition/toolkit (дата обращения: 21.09.2017).

УДК 338.462

АУТСОРСИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ПОДДЕРЖКИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

[1,2]Балдин О.В.

[1]ГОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, e-mail: o.baldin@yandex.ru;

[2]Аутсорсингово-сервисный кластер «Зенит – Сервис», Ростов-на-Дону

Статья посвящена изучению роли аутсорсинга как инструмента инфраструктурного обеспечения при создании, внедрении и поддержке инновационных проектов. Выделены достоинства и недостатки применения аутсорсинга для решения как отдельных задач, так и комплексного обеспечения реализации инновационных проектов. Показаны области применения аутсорсинга, составлен алгоритм выполнения этапов сопровождения инноваций со стороны аутсорсинговых компаний. На примере аутсорсингово-сервисного кластера «Зенит – Сервис» показано, что обеспечение кластерного подхода в процессах сопровождения инновационных проектов представляет собой системную инновацию. Поддержка инновационных проектов со стороны кластерной аутсорсинговой структуры существенно повышает эффективность их реализации. В свою очередь, кластерная форма организации позволяет обеспечить составляющим его компаниям дополнительные рычаги устойчивости и надежности функционирования на рынке за счет получения контрактов по сопровождению долгосрочных инновационных проектов, диверсификации собственных бизнес-процессов и так далее.

Ключевые слова: инновационный проект, аутсорсинг, инфраструктурное обеспечение, коммерческая поддержка

OUTSOURCING AS A TOOL OF INFRASTRUCTURE SUPPORT OF INNOVATION PROJECTS

[1,2]Baldin O.V.

[1]Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: o.baldin@yandex.ru;

[2]Of outsourcing – service cluster «Zenit-service», Rostov-on-Don

The article is devoted to the study of the role of outsourcing as an instrument of infrastructural support in the creation, implementation and support of innovative projects. The advantages and disadvantages of using outsourcing for solving both individual tasks as well as comprehensive support for the implementation of innovative projects are singled out. Areas of application of outsourcing are shown, the algorithm of performance of stages of support of innovations from outsourcing companies is made. On the example of the outsourcing and service cluster «Zenith – Service» it was shown that the provision of the cluster approach in the processes of support of innovative projects is a systemic innovation. The support of innovative projects from the cluster outsourcing structure significantly increases the efficiency of their implementation. In turn, the cluster form of the organization allows to provide its constituent companies with additional levers of stability and reliability of functioning in the market through obtaining contracts to support long-term innovative projects, diversify their own business processes and so on.

Keywords: innovation project, outsourcing, infrastructure support, commercial support

Переход российской экономики от стадии рецессии к состоянию устойчивого развития невозможен без реализации инновационных проектов на всех уровнях: общегосударственном, региональных, корпоративных, отдельных предприятий и организаций. Однако процессы разработки, внедрения и продвижения инноваций на рынке зачастую сопряжены с необходимостью обеспечения комплекса мер по их поддержке как со стороны органов государственной и муниципальной власти, так и со стороны коммерческих структур.

Одним из способов сопровождения инновационных проектов является привлечение аутсорсинговых организаций как на отдельных стадиях их реализации, так и в полном технологическом цикле. Под инфраструктурной поддержкой инновационных проектов со стороны аутсорсинговых компаний мы понимаем обеспечение инструментария аутсорсингового управления как отдельными функциональными процессами инновационного проекта, так и комплексного механизма, способствующего решению задачи повышения эффективности его реализации.

Инфраструктурное сопровождение инновационного проекта со стороны аутсорсинговых организаций может представлять собой как отдельные виды поддержки, так и целый комплекс механизмов, направленных на повышение эффективности его разработки, внедрения и выведения на рынок. В качестве основных причин, обуславливающих привлечение аутсорсинговых предприятий к процессам создания и продвижения инноваций, можно выделить следующие:

1. Комплексный подход аутсорсинговых компаний к проектированию, внедрению и последующему сопровождению инноваций.

2. Поиск нестандартных решений новых проблемных задач.

3. Экономия издержек на персонале.

4. Расширение спектра зон применения готовых инновационных решений.

Ожидаемыми результатами от внедрения аутсорсинга как инструмента коммерческой поддержки инновационных проектов являются: повышение их рентабельности, снижение периода окупаемости, рост прибыли.

Необходимо отметить, что аутсорсинговые компании функционируют в разных областях предпринимательской деятельности и охватывают различные сферы народного хозяйства. Однако, как правило, их деятельность на рынке ограничена конкретной направленностью, что является основным препятствием для обеспечения комплексного подхода при решении задач по комплексной поддержке инновационных проектов. Поэтому процесс выведения инновационных решений на аутсорсинг сопряжен с необходимостью для заказчика заключения нескольких аутсорсинговых контрактов с различными организациями. Это приводит к определенным сложностям, среди которых можно выделить следующие:

1. Недостаточную слаженность действий между аутсорсинговыми предприятиями.

2. Увеличение факторов риска для реализации инновационного проекта, связанных с необходимостью коррекции сроков выполнения этапов при возникновении сбоев у отдельных аутсорсинговых организаций.

3. Сложность заключения договоров с учетом специфики функционирования отдельных аутсорсинговых компаний.

4. Рост накладных расходов, сопряженный с необходимостью оплаты разным аутсорсинговым партнерам.

5. Инерционность при возникновении непредвиденных обстоятельств, а также внесении коррективов в процесс реализации инновационного проекта.

Перечисленные факторы создают дополнительные риски на всех этапах выполнения, внедрения и развития инновационных проектов. Анализ научных источников в области управления инновациями позволяет сделать вывод о том, что последний является высокорисковой сферой экономической деятельности [1–3]. Поэтому недостаточно обоснованный подход при выборе аутсорсингового партнера может привести не к снижению, а к дополнительному увеличению рисков. Это является основной причиной того, что зачастую аутсорсинг в качестве системы поддержки инновационных проектов используется точечно, в конкретных сферах.

На рис. 1 схематично показаны основные зоны применения коммерческой поддержки инновационных проектов.

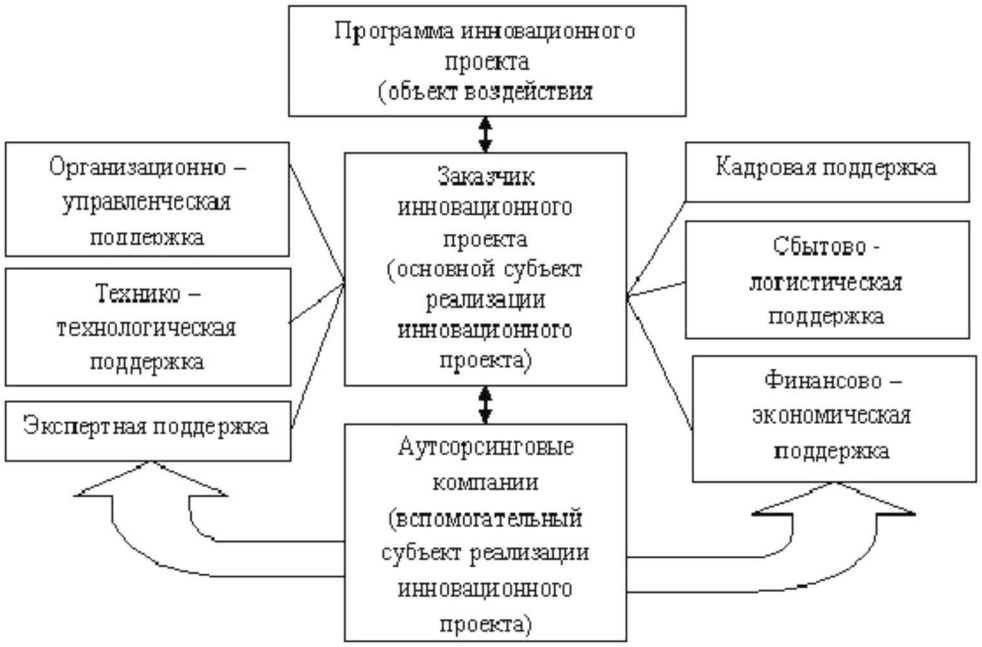


Рис. 1. Основные области применения коммерческой поддержки инновационных проектов

Рис. 2. Типология аутсорсинговой деятельности, используемой в АСК «Зенит – Сервис»

В свою очередь, аутсорсинговые организации также заинтересованы в получении заказов на обеспечение поддержки инновационных проектов. В качестве основных причин этого можно выделить:

1. Стабильность партнерских отношений с заказчиком и предсказуемость доходов как взаимовыгодной формы сотрудничества в течение периода непосредственной реализации проекта, а также при его последующем сопровождении.

2. Возможность планомерного распределения кадровых ресурсов на поддержку проекта.

3. Профессиональный интерес.

4. Повышение конкурентоспособности и устойчивости аутсорсингового предприятия на рынке вследствие расширения диапазона и уровня компетенций своих сотрудников, развития материально-технического оснащения аутсорсинговой компании.

5. Повышение престижности аутсорсинговой компании на рынке.

Для восполнения недостатка монопрофильной направленности аутсорсинговой деятельности автором была разработана и реализована модель аутсорсингово-сервисного кластера в г. Ростове-на-Дону. Данный кластер представляет собой корпоративное объединение юридически независимых предприятий, функционирующих на рынке в различных сферах аутсорсинговой деятельности на протяжении нескольких лет [4]. Целью создания кластера является обеспечение возможности реализации комплексных механизмов, направленных на обеспечение как инфраструктурной поддержки инновационных проектов, так и сопровождение широкого спектра отдельных задач предприятий-заказчиков. Для повышения устойчивости кластерной структуры на рынке также задействуется розничный сектор сервиса потребителей. В качестве ядра кластера была выбрана компания «Зенит – Сервис», деятельность которой осуществляется в сфере ИТ-аутсорсинга.

Обеспечение инфраструктурной поддержки инновационных проектов в рамках аутсорсингово-сервисного кластера (АСК) «Зенит – Сервис» в настоящее время может строиться одновременно по нескольким направлениям. К ним относятся:

1. Сопровождение разработки бизнес-планов и программ инновационных проектов.

2. Проведение технической экспертизы.

3. Широкий спектр ИТ-сопровождения.

4. Ремонтно-восстановительные операции электронной, вычислительной и оргтехники.

5. Проектирование и монтаж систем видеонаблюдения, контроля доступа, пожарной сигнализации.

6. Бухгалтерское сопровождение.

7. Кадровое сопровождение.

8. Юридическая поддержка.

9. Охранная деятельность.

10. Туристическая деятельность.

Аутсорсинг как форма функционирования кластера имеет векторы направленности одновременно – как во внешнюю, так и во внутреннюю его среды. Внешняя – традиционно ориентирована на осуществление коммерческой деятельности кластера на

рынке; внутренняя – позволяет реализовать комплекс функционально-управленческих механизмов, способствующих обеспечению эффективной взаимосвязи элементов кластерной системы [5]. На рис. 2 схематично показана типология аутсорсинговой деятельности по типам, видам и формам, используемым в аутсорсингово-сервисном кластере (АСК) «Зенит – Сервис».

В зависимости от типа используемого аутсорсинга (полный, частичный, усовершенствованный), степень влияния аутсорсинговой компании на процессы создания и развития инновационного проекта может быть различной [8]. Однако это не оказывает влияния на общий алгоритм аутсорсинговой поддержки, приведенный на рис. 3.

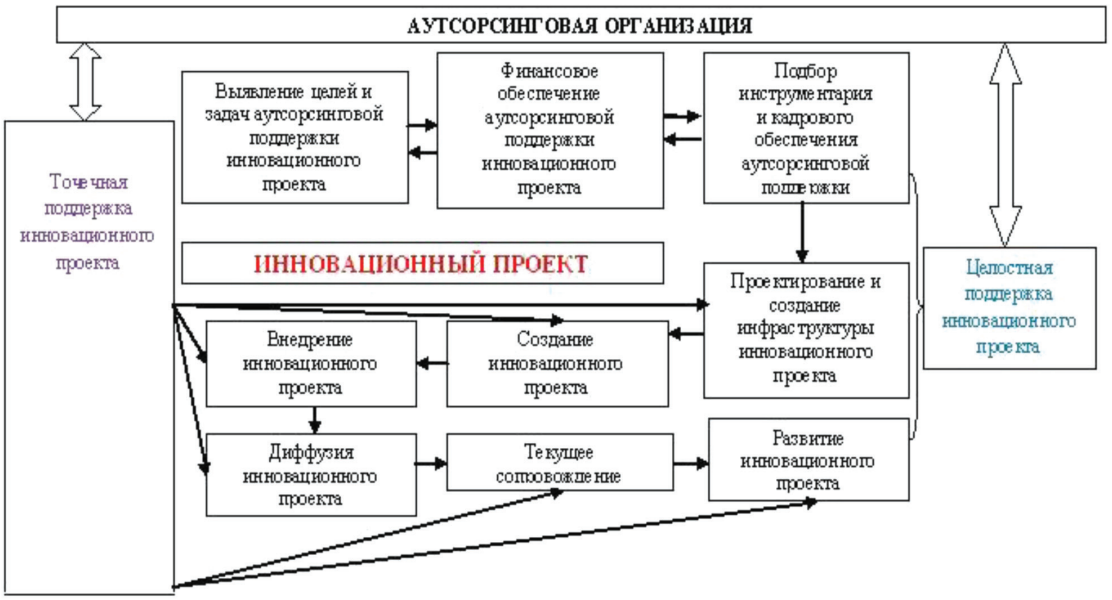


Рис. 3. Алгоритм этапов выполнения аутсорсинговой поддержки инновационных проектов

Функциональный спектр коммерческой поддержки инноваций кластерной структуры значительно превосходит возможности отдельных аутсорсинговых предприятий, что является основным достоинством данной формы корпоративного взаимодействия. С другой стороны – повышается устойчивость и надежность бизнес-процессов самих компаний, входящих в состав кластера, за счет получения стабильных долгосрочных заказов и диверсификации возможностей реализации их коммерческой деятельности на рынке.

Деятельность аутсорсингово-сервисного кластера представляет собой пример реализации системной инновации, поскольку имеет место создание на рынке инновационной кластерной модели, целью которой является разработка, внедрение, текущее сопровождение и развитие других инновационных структур. Такой подход соответствует определениям понятия: «системная инновация», а также его признакам, приведенным в [6, 7].

Следует отметить, что аутсорсинговые организации могут быть привлечены на любой стадии поддержки инновационных проектов в зависимости от необходимости выведения части функционала на данный вид инфраструктурного управления. Такие задачи могут быть определены как текущими условиями реализации инноваций, так и появляться как результат изменения условий и факторов, возникающих во внутренней или внешней его средах, необходимых для осуществления проекта. Также аутсорсинговые механизмы могут привлекаться в случаях необходимости оперативного профессионального вмешательства в процессы обеспечения поддержки проекта при возникновении нештатных ситуаций, недостаточно качественного выполнения расчетов, прогнозов и так далее.

Оценка эффективности аутсорсингового сопровождения процессов реализации инновационных проектов может заключаться в выполнении сравнительного анализа между ожидаемыми характеристиками от внедрения инновационного проекта на рын-

ке без обеспечения аутсорсингово-инфраструктурной поддержки, и при ее использовании. К таким характеристикам относятся:

1) время реализации отдельных этапов инновационного проекта;

2) ожидаемый уровень инвестиций;

3) изменение доли рынка;

4) рост прибыли;

5) обеспечение надежности перспективного функционирования инновационной системы, включающей в себя: экономическую устойчивость, технологическую стабильность работы технической инфраструктуры; организацию юридического сопровождения и защищенности проекта и так далее.

Зачастую аутсорсинговые структуры привлекаются лишь для выполнения задач по текущему сопровождению результатов реализации инновационных проектов. Это происходит в случаях, если основной субъект инновационной деятельности самостоятельно выполняет все этапы его разработки, становления и выведения на рынок. При таком подходе целью аутсорсингового сопровождения является обеспечение стабильности и надежности поддержания работоспособности технологических процессов инновационных проектов, что является важнейшим условием их эффективного функционирования и поступательного развития.

Ответственность аутсорсера за нарушение временных, количественных и других параметров инфраструктурного сопровождения инновационных проектов должна быть четко определена в договорах, имеющих структуру SLA (service level agreement). Последняя ориентирована преимущественно на аутсорсинговую деятельность и является общепризнанной мировой практикой для данной сферы. В контрактах детально выделены этапы, периоды, количественные и качественные показатели выполнения отдельных задач, требуемый результат аутсорсинговой деятельности. Также определена ответственность за нарушение заданных параметров аутсорсингового сопровождения объекта.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы: привлечение аутсорсинга в качестве гибкого инструмента инфраструктурной поддержки инновационных проектов оказывает существенное воздействие на конечный результат его реализации. Однако качество сопровождения проекта со стороны аутсорсера в значительной степени зависит от ряда следующих факторов: детальной проработки его параметров; количественных и качественных показателей инфраструктурной поддержки; мер ответственности аутсорсера за нарушение условий определенных в SLA-контракте.

Список литературы

1. Зайцев Ю.В. Управление инновационным проектом: учеб.пособие / Ю.В. Зайцев, Т.В. Дорожкина, В.К. Крутиков, О.В. Федорова. – Калуга: ИУБиТ, 2016. – 247 с.

2. Тимофеев М.А. Аутсорсинг как элемент инновационной макросистемы / М.А. Тимофеев // Науковедение [Электронный ресурс]: электрон. науч. журн. – 2014. – № 5(24). – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/autsorsing-kak-element-innovatsionnoy-makrosistemy (дата обращения: 08.07.2017).

3. Минасьян М.Р. Использование аутсорсинга в инновационной деятельности компании / М.Р. Минасьян // Внешнеэкономические связи [Электронный ресурс]: электрон. науч. журн. – 2008. – № 7 (июль). – Режим доступа: https://www. cyberleninka.ru/article/v/ispolzovanie-autsorsinga-v-innovatsionnoy-deyatelnosti-kompaniy (дата обращения: 08.07.2017).

4. Балдин О.В. Особенности формирования сервисного кластера как способа инновационного развития аутсорсинговых компаний / О.В. Балдин // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 5. – С. 126–130.

5. Балдин О.В. Разработка инновационного механизма комплексной оценки технологической эффективности аутсорсингово-сервисного кластера / О.В. Балдин, Г.И. Иванов // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 9–2. – С. 399–404.

6. Тимофеев М.А. Развитие инструментария реализации инновационного проекта с использованием процессно – контрольного аутсорсинга: дис. … канд. экон. наук: 08.00.05 / М.А. Тимофеев; Нижегородский гос. архит. – строит. ун-т. – Н. Новгород, 2017. – 188 с.

7. Морозова О.Е. Системные инновационные проекты на примере концерна «Toyota motor company» / О.Е. Морозова // Экономика и управление в XXI веке: теория, методология, практика: материалы II междунар. науч.-практ. конф., 23 апр. – Москва, 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nauteh.ru/index.php/conference-cnf-2013-04/140-a. (дата обращения: 07.10.2017).

8. Календжян С.О. Аутсорсинг и делегирование полномочий в деятельности компании / С.О. Календжян. – М.: Дело, 2003. – 272 с.

УДК 339.94

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КООПЕРАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ В РАМКАХ ЕАЭС

Белякова Г.Я., Фокина Д.А.

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, e-mail: darya_fokina@mail.ru

В статье рассмотрены особенности производственной кооперации машиностроителей стран Евразийского экономического союза. Основной особенностью производственной кооперации является история создания машиностроительных предприятий на постсоветском пространстве. Развитие евразийской интеграции, позволившее устранить ряд торговых ограничений и унифицировать условия предоставления государственной поддержки производителям, привело к созданию новых информационно-коммуникационных систем производственной кооперации и международного промышленного сотрудничества. В настоящее время на межгосударственном уровне совершенствуются инструменты для развития производственной кооперации, а также разрабатываются новые формы, позволяющие привлечь к процессу кооперации все большее число производителей. Выявление особенностей развития производственной кооперации машиностроительных предприятий ЕАЭС необходимо для формирования механизмов эффективной поддержки данных форм международной кооперации и интеграции, а также разработки методологии управления развитием производственной кооперацией машиностроителей в условиях функционирования ЕАЭС.

Ключевые слова: производственная кооперация, международное промышленное сотрудничество, инструменты развития производственной кооперации

FEATURES OF INDUSTRIAL COOPERATION'S DEVELOPMENT OF MACHINE-BUILDERS UNDER THE FRAMEWORK OF THE EAEU

Belyakova G.Ya., Fokina D.A.

Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, e-mail: darya_fokina@mail.ru

In the article features of industrial cooperation of machine builders of the countries of the Eurasian economic union are considered. The main feature of industrial cooperation is the history of the creation of machine-building enterprises in the post-Soviet space. The development of the Eurasian integration, which allowed eliminating a number of trade restrictions and unifying the conditions for the provision of state support to producers, led to the consciousness of new information and communication systems of industrial cooperation and international industrial cooperation. At present, instruments for the development of production cooperation are being improved at the interstate level, and new forms are being developed that will enable an increasing number of producers to enter the cooperative process. Identification of the specifics of the development of industrial cooperation of engineering enterprises of the EAPS is necessary for the formation of mechanisms for effective support of these forms of international cooperation and integration, as well as the development of a methodology for managing the development of production cooperation of machine builders in the conditions of functioning of the EAEU.

Keywords: industrial cooperation, international industrial cooperation, tools for the development of the production cooperation

Целью исследования, результаты которого представлены в данной статье, является выявление особенностей развития производственной кооперации машиностроительных предприятий ЕАЭС для формирования механизмов эффективной поддержки данных форм международной кооперации и интеграции, а также разработки методологии управления развитием производственной кооперацией машиностроителей в условиях функционирования ЕАЭС.

При проведении исследования в качестве базового методологического приема использовался системный подход, позволяющий в новых условиях Евразийской интеграции провести комплексный анализ особенностей развития производственной кооперации машиностроительных предприятий. При проведении исследования использовались нормативно-правовые акты ЕАЭС, ЕЭК, статистические данные Федеральной таможенной службы, Федеральной службы государственной статистики РФ, а также отчетные данные машиностроительных предприятий, опубликованные в официальных источниках и на сайтах данных организаций.

Международная производственная кооперация играет важную роль в развитии машиностроительного комплекса каждой страны в отдельности и общемирового хозяйства в целом. Повышение производительности труда, основанное на ускорении темпов научно-технического прогресса, привело к росту внутриотраслевой специализации, особенно в высокотехнологичных отраслях. Современные машиностроительные предприятия, стабильно выпускающие высокотехнологичную, востребованную на мировых рынках продукцию, как правило,

используют различные формы специализации производства:

– технологическая специализация позволяет предприятию фокусироваться на выполнении отдельных стадий технологического процесса, яркий пример – развитие сборочных производств в машиностроении;

– подетальная специализация основана на производстве отдельных деталей, запасных частей и элементов, узлов и агрегатов, например подшипниковый, аккумуляторный и другие подобные им заводы;

– функциональная специализация основана на проведении отдельных видов работ или/и предоставлении услуг (услуги по разработке отдельных узлов, клиринговые или финансовые услуги).

Производственная кооперация позволяет объединить усилия отдельных машиностроительных предприятий для реализации крупномасштабных проектов, которые неосуществимы усилиями одного предприятия или одной страны. В настоящее время ученые определяют производственную кооперацию как форму длительных и устойчивых связей между хозяйственно самостоятельными хозяйствующими субъектами, занятыми совместным изготовлением определенной продукции на основе специализации их производства [1].

Машиностроительные предприятия, включенные в цепочку производственной кооперации, осуществляют производство отдельных видов промежуточной продукции (комплектующих, узлов и агрегатов, запасных частей и элементов) для производства конечного продукта. Применяя те или иные формы производственной кооперации, основанные на специализации производств и совместном сотрудничестве, отдельные предприятия полностью сохраняют свою хозяйственную самостоятельность. При использовании любой формы производственной кооперации предприятия проводят согласование условий совместной деятельности и координацию производственной и хозяйственной деятельности.

Современное промышленное кооперирование прослеживается не только в рамках одной отрасли, но и широко используется между предприятиями, входящими в разные отрасли, отличающимися видами деятельности и используемыми методами. Основываясь на функциях кооперации, использование этой формы международного сотрудничества позволяет решить следующие задачи:

– эффективное использование производственного потенциала предприятий;

– формирование долгосрочных производственных отношений;

– гарантированный экспорт произведенной продукции

– проведение контроля качества производимой продукции [2].

Рассматривая особенности развития производственной кооперации в машиностроительной отрасли нынешнего ЕАЭС, необходимо учитывать историко-экономические особенности – машиностроительный комплекс Советского Союза (СССР) изначально создавался как единое целое. После распада СССР многие предприятия оказались отрезаны от поставщиков и потребителей, производственные связи были практически полностью разрушены. Важно то, что машиностроение является отраслью народного хозяйства, прогрессивное развитие которой невозможно представить без международной интеграции и производственной кооперации. Долгое время уровень развития производственной кооперации в машиностроении на постсоветском пространстве ограничивался проводимой промышленной политикой отдельных стран.

Наследие СССР позволяет относить Россию и ряд других стран, бывших советскими республиками, к группе стран, обладающих полной номенклатурой машиностроительного производства. Наиболее развиты подотрасли военно-промышленного комплекса, производство сельхозтехники и станков. Учитывая, что большая часть действующих в настоящее время крупных машиностроительных производств была основана еще в СССР, возможность восстановления утраченной производственной кооперации для них стала закономерным и естественным процессом.

Создание Таможенного союза (ТС), а позднее и Евразийского экономического союза (ЕАЭС) дало предприятиям новый толчок для развития и восстановления утраченных связей, внесло позитивный вклад в развитие производственной кооперации. Свободное движение товаров, труда и капитала, отмена торговых барьеров и таможенных границ внутри союза открыли для производителей новые возможности для построения кооперации. Международная кооперация в ЕАЭС расширяет связи между производителями, позволяет вовлечь в процесс интеграции большое количество малых и средних предприятий, создает новые производственные цепочки, а также обеспечивает возможность проведения общей взаимовыгодной сбытовой стратегии на рынках третьих стран (вместо необоснованной конкуренции).

Важным условием развития производственной кооперации в ЕАЭС стало принятие в 2015 г. Основных направлений

промышленного сотрудничества в рамках ЕАЭС (ОНПС) в соответствии со статьей 92 «Промышленная политика и сотрудничество» Договора о ЕАЭС [3].

Основные направления были разработаны Департаментом промышленной политики Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) с привлечением ведущих ученых-экономистов и экспертов в области промышленного сотрудничества государств – членов ЕАЭС. Принятый документ нацелен на развитие кооперационного сотрудничества, проведение модернизации действующих производств и создание новых секторов промышленности. В документе отражено, что создание условий для перехода инновационной экономики возможно только за счет развития высокотехнологичных отраслей промышленности с высокой производительностью труда и добавленной стоимостью. В ОНПС прописаны цели, задачи, ключевые направления промышленного сотрудничества на среднесрочный период, а также инструменты и механизмы, которые государства-члены могут использовать для их реализации. [4].

При разработке ОНПС учитывался зарубежный опыт поддержки производственной кооперации и международной промышленной интеграции. После обсуждения представителями государств-членов Основные направления получили позитивную оценку международных экспертов, проводивших экспертизу этого документа на этапе проекта, в рамках сотрудничества с Организацией Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО) [5].

Благодаря принятию ОНПС производители машиностроительной продукции государств – членов ЕАЭС имеют согласованное видение целей и возможных путей развития производственной кооперации с использованием потенциала интеграции и при консультационной и координирующей роли Евразийской экономической комиссии (ЕЭК).

Особенностью развития производственной кооперации в ЕАЭС на сегодняшний день является формирование и унификация нормативно-правовой базы. Среди решений и распоряжений высших органов Евразийского экономического союза можно выделить законодательные акты, направленные на развитие импортозамещения.

Приняты нормативно-правовые акты, которые запрещают или ограничивают допуск импортных товаров к государственным закупкам для удовлетворения потребностей в продукции машиностроения, оборонно-промышленного комплекса. При этом такие ограничения не распространяются на продукцию, ввозимую из стран ЕАЭС, предусматривает предоставление государствам-членам национального режима в сфере закупок [6].

Межправительственный курс политики импортозамещения обусловлен необходимостью обеспечения потребностей ЕАЭС за счет собственного производства машиностроительной продукции, а также повышения локализации производств на территориях государств – членов Союза [7]. Импортозамещение позволяет снизить негативное влияние закупочной стоимости иностранных компонентов на рост цен производимой продукции. Например, при производстве самолета SSJ100 в компании «Гражданские самолеты Сухого» доля импорта в поставках материалов и товаров достигает 55 % [8].

Новым этапом в развитии производственной кооперации стало создание Евразийской сети промышленной кооперации и субконтрактации [9]. Государства-члены при координации ЕЭК создают общую информационную систему поиска и организации заказов в промышленности. Евразийская сеть промышленной кооперации и субконтрактации – это база данных о промышленных предприятиях и выпускаемой ими продукции, производственных мощностях и имеющихся ресурсах производителей. Евразийская сеть промышленной кооперации и субконтрактации основана на формировании и функционировании национальных сетей промышленной кооперации и субконтрактации государств – членов ЕАЭС.

Евразийская сеть промышленной кооперации и субконтрактации способствует освоению производства конкурентоспособной промышленной продукции для насыщения общего рынка ЕАЭС и экспорта в третьи страны, а также повышает доступность финансовых ресурсов для предприятий.

Позитивной особенностью производственной кооперации можно назвать проведение бирж субконтрактации в государствах – членах ЕАЭС, представляющих собой площадки для поиска партнеров, проведения переговоров и заключения предварительных договоров. Евразийская сеть промышленной кооперации и субконтрактации является инструментом для развития кооперационных связей между предприятиями промышленности государств – членов ЕАЭС, способствует вовлечению предприятий разного уровня в производственные цепочки [10].

Такая сеть позволяет оптимизировать производственные процессы путем размещения промышленными предприятиями заказов на разработку, производство и сервисное обслуживание промышленной про-

дукции, а также выполнение технологических процессов у других промышленных предприятий. Это повышает эффективность организационной структуры производства и оптимизацию производственных мощностей.

На развитие производственной кооперации в ЕАЭС оказывает позитивное воздействие использование прогрессивных финансовых инструментов – лизинга, предэкспортного и экспортного финансирования совместно произведенной продукции. Важную роль в этом вопросе играет Евразийский банк развития – ему поручено сопровождать финансирование долгосрочных кооперационных проектов [11].

Среди особенностей развития производственной кооперации можно назвать установленные в Основных направлениях перечни приоритетных направлений промышленного сотрудничества и чувствительных товаров. Определение странами-участницами перечня таких отраслей позволяет им сконцентрировать усилия на самых важных и эффективных для взаимодействия отраслях.

Под чувствительными товарами понимаются товары с высоким уровнем конкуренции между производителями из различных государств-членов. Для формирования перечня чувствительных товаров в ЕАЭС были выработаны критерии отнесения товара к чувствительному. Согласно Договору о ЕАЭС, в отношении чувствительных товаров перед принятием мер промышленной политики государства-члены должны проводить консультации для взаимного учета этих позиций, а также обеспечивать предварительное взаимное информирование о планируемых направлениях реализации национальной промышленной политики. Порядок проведения консультаций и взаимного информирования по чувствительным товарам включен в Основные направления в качестве приложения. На сегодняшний день широкий ряд товаров машиностроения входит в перечень чувствительных товаров.

В результате проведенного исследования были выявлены основные особенности развития производственной кооперации машиностроительных предприятий государств – членов ЕАЭС.

Проводимое исследование, основываясь на тенденциях развития современного мирового хозяйства, показало, что производственная кооперация в машиностроении является эффективным инструментом управления развитием промышленности в целом. Промышленная кооперация в машиностроительном комплексе, характеризуется целевой ориентацией, разнообразием форм и методов реализации, позволяет наращивать долю высокотехнологичного экспорта и тем самым способствует повышению конкурентоспособности производства машиностроительной продукции. Эффективное использование различных форм промышленной кооперации способствует развитию машиностроительной отрасли в целом и требует разработки новых инструментов и способов поддержки предприятий, готовых к подобным формам международного сотрудничества.

Учитывая особенности организации современного машиностроительного производства, основанные на тенденциях развития мировой экономики и экономики ЕАЭС, международная производственная кооперация становится необходимым атрибутом успешной и эффективной работы предприятий. Углубление международной интеграции и производственной кооперации – обоснованный выбор производителей, непосредственно участвующих в цепочках по созданию добавленной стоимости, позволяющий эффективно производить качественную, востребованную на мировом рынке продукцию.

Задача руководителей Евразийской экономической комиссии ЕАЭС – создание благоприятных условий для развития этой формы промышленной интеграции.

Развитие производственной кооперации машиностроителей в рамках ЕАЭС дает интегрированный эффект от совместного развития промышленного производства в отдельных государствах-членах. Развитая производственная кооперация способствует наращиванию качественных и количественных показателей промышленности, сокращает отставание уровня производительности труда в государствах-членах от промышленно развитых стран мира, способствует наращиванию объемов кооперационных поставок и взаимной торговли промышленной продукцией в рамках Союза. Многие машиностроительные предприятия ЕАЭС имеют потенциал для преодоления существующих торгово-экономических барьеров и готовы к организации эффективного взаимовыгодного сотрудничества с предприятиями на международном рынке.

Список литературы

1. Большой юридический словарь. Академик.ру. 2010. [Электронный ресурс]. – URL: http://jurisprudence.academic.ru/ (дата обращения: 22.09.2017).

2. Делятицкая А.В. Мировая экономика: Учебное пособие. – М.: МГУП, 2000. – 100 с.

3. Общие сведения по формированию основных направлений промышленного сотрудничества [Электронный ресурс]. – URL: http://www.eurasiancommission.org/ ru/act/prom_i_agroprom/dep_prom/Pages/ (дата обращения: 22.09.2017).

4. Основные направления промышленного сотрудничества в рамках Евразийского экономического союза [Электронный ресурс]. – URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/SiteAssets/%D0%B1%D1%80%D0%BE%D1%88%D1%8E%D1 %80%D0%B0%20%D1%80%D1%83%D1%81%20OK%20NEW.pdf (дата обращения: 22.09.2017).

5. ЮНИДО проведет экспертный анализ Основных направлений промышленного сотрудничества государств – членов ЕАЭС [Электронный ресурс]. – URL: http://novostink.ru/ eaeu/107926-yunido-provedet-ekspertnyy-analiz-osnovnyh-napravleniy-promyshlennogo-sotrudnichestva-gosudarstv-chlenov-eaes.html (дата обращения: 22.09.2017).

6. Договор о Евразийском экономическом союзе (Подписан в г. Астане 29.05.2014) (ред. от 08.05.2015) (с изм. и доп., вступ. в силу с 12.08.2017) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163855/ (дата обращения: 22.09.2017).

7. Путин пригласил страны ЕАЭС в российскую программу импортозамещения [Электронный ресурс]. – URL: https://lenta.ru/news/2016/05/31/invitation/ (дата обращения: 22.09.2017).

8. На сколько же % Суперджет – российский? [Электронный ресурс]. – URL: http://superjet.wikidot.com/wiki:v-ssj-80-importnyh-komplektuusih (дата обращения: 22.09.2017).

9. Евразийская сеть промышленной кооперации и субконтрактации! [Электронный ресурс]. – URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_ prom/Pages (дата обращения: 22.09.2017).

10. Промышленная политика ЕАЭС: от создания к первым результатам [Электронный ресурс]. – URL: https:http://www.eurasiancommission.org/ru/Documents/промышленность%20русск%20small.pdf (дата обращения: 22.09.2017).

11. Проекты ЕАБР [Электронный ресурс]. – URL: https://eabr.org/projects/eabr (дата обращения: 22.09.2017).

УДК 330.322(470.620)

ИНВЕСТИЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ИНВЕСТИЦИОННЫЕ РИСКИ КАК ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Бондаренко В.В., Одинцов Н.В.

ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Краснодарский филиал)», e-mail: V.Bondarenko64@gmail.com, nikolay@odintsov.ru

В настоящей статье отмечается, что комплексный анализ инвестиционного потенциала и инвестиционных рисков региона, всесторонний учёт базовых показателей, касающихся специфики развития экономики региона, государственной инвестиционной политики, нормативно-правовой базы инвестиционной деятельности, а также уровня и темпов развития информационных технологий позволяют системно подойти к оценке инвестиционной привлекательности региона. С помощью методов ситуационного, сравнительного, финансового и экономико-математического анализа в статье проведена оценка инвестиционной привлекательности Краснодарского края на основе факторной модели частных индикаторов инвестиционного потенциала и инвестиционного риска региона. По результатам проведённого исследования в статье сделан вывод о том, что, несмотря на повысившиеся в последние годы мировые инвестиционные риски и экономическую неопределённость, в том числе на мировом рынке сырья и энергетических ресурсов, а также обострение внешнеполитической ситуации, усугубляющейся введением новых международных экономических и финансовых санкций против Российской Федерации, в 2011–2016 гг. инвестиционный потенциал Краснодарского края развивался стабильными темпами на фоне тенденции сокращения частных индикаторов инвестиционного риска, что обеспечивает краю лидирующие позиции в общероссийском рейтинге инвестиционной привлекательности.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, инвестиционный потенциал, инвестиционные риски, частные индикаторы инвестиционной привлекательности

INVESTMENT POTENTIAL AND INVESTMENT RISKS AS THE MAIN COMPONENTS OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE KRASNODAR REGION

Bondarenko V.V., Odintsov N.V.

Financial University at the Government of the Russian Federation (Krasnodar branch), e-mail: V.Bondarenko64@gmail.com, nikolay@odintsov.ru

The article notes that a complex analysis of investment potential and investment risks in the region, a comprehensive account of the basic indicators of specifics of development of regional economy, state investment policy, legal framework of investment activity and the level and pace of development of information technologies allow systematic approach to assessing investment attractiveness of a region. Using the methods of situational, comparative, financial and mathematical analysis the article evaluates the investment attractiveness of the Krasnodar region on the basis of factor model of private indicators of investment potential and investment risk in the region. The study shows that, despite increased in recent years the global investment risks and economic uncertainty (including in the world market of raw materials and energy resources), as well as aggravation of situation, compounded by introduction of a new international economic and financial sanctions against Russian Federation, in the period of 2011-2016 the investment potential of Krasnodar region developed at a steady pace on the background of a decline in private indicators of investment risk, that provides the leading positions of Krasnodar region in the national rating of investment attractiveness.

Keywords: investment attractiveness, investment potential, investment risks, private indicators of investment attractiveness

Проблема инвестиционной привлекательности российских регионов приобрела острую актуальность ещё со второй половины 1990-х гг., когда Россия входила в основную критическую фазу системного финансово-экономического кризиса. Тем не менее по сей день не прекращаются активные научные споры относительно параметров регионального моделирования её основных компонентов, общепризнанных в мировой практике – инвестиционного потенциала и инвестиционных рисков. Нам представляется целесообразным продолжить исследование данной темы и предложить свою точку зрения на основные индикаторы и вероятностные показатели, применяемые в России и за рубежом для проведения структурной оценки и присвоения рейтинга инвестиционной привлекательности российским регионам, на примере Краснодарского края.

Прежде всего сформулируем саму научную проблему: инвестиционная привлекательность региона – это совокупность различных признаков, средств, возможностей и ограничений объективного характера, непосредственно влияющих на интенсивность привлечения инвестиций в основ-

ной капитал региона. В зависимости от временного горизонта анализа (так же, как и в случае с инвестиционной активностью) различают фактическую (за конкретный отчетный период) и прогнозную инвестиционную привлекательность региона. При этом методические приёмы, используемые для их оценки, являются единообразными.

В мировой практике для оценки инвестиционной привлекательности регионов и стран, особенно с переходной экономикой и развивающихся стран, используют достаточно авторитетный «Бери-индекс» – сложный интегральный показатель, в которым суммируются баллы экспертных оценок отдельных специальных показателей.

Также широко известны сложные рейтинги инвестиционной привлекательности крупнейших экономических журналов: «Euromoney», «Fortune», «The Economist». Например, рейтинг журнала «Euromoney» определяется девятью группами показателей: эффективности экономики, уровня политического риска, уровня коррумпированности, состояния задолженности, способности обслуживать долг, кредитоспособности, доступности банковских кредитов, доступности долгосрочного кредитования, вероятности наступления форс-мажорных обстоятельств [1].

Кроме того, немаловажное значение для иностранных инвесторов также имеют оценки экспертов Всемирного банка и финансовые и кредитные рейтинги (IBCA, Moody's, Fitch, Standard & Poor's и др.). Большим авторитетом в мире инвесторов пользуются комплекс-рейтинги A.T. Kearney и CalPERS. Для прямых инвестиций используют в основном оценки компании A.T. Kearney, рассчитывающей индекс доверия прямых иностранных инвесторов на базе опросов исполнительного руководства, советов директоров и авторитетных аналитиков 1000 крупнейших компаний мира. Рейтинг CalPERS (Калифорнийской пенсионной программы государственных служащих) – одного из наиболее солидных в мире институциональных инвесторов – является главным показателем инвестиционной привлекательности страны для портфельных инвестиций, на него ориентируются наиболее консервативные портфельные инвесторы – пенсионные фонды.

В России наибольшее распространение получила методика рейтингового агентства «Эксперт», которая рассматривает инвестиционную привлекательность в качестве комплекса, включающего две составляющие: инвестиционный потенциал и инвестиционный риск.

Первая часть комплекса – инвестиционный потенциал – состоит:

– из ресурсно-сырьевого или природного потенциала (обеспеченность собственными запасами основных видов полезных ископаемых и других видов природных ресурсов);

– трудового (наличие трудовых ресурсов и их уровень образования и квалификации);

– производственного (динамика роста в основных сферах производства региона);

– инновационного (степень развития НИОКР и динамика их финансирования, внедрение достижений научно-технического прогресса в регионе);

– институционального (уровень развития главных институтов рыночной экономики);

– инфраструктурного (географическое положение региона и уровень развития его инфраструктуры);

– финансового (абсолютный показатель доходов бюджета, прибыльность реального сектора, банковского и страхового секторов);

– туристического (наличие природных условий и комплекса экономических факторов для развития в регионе курортно-рекреационного бизнеса);

– потребительского (совокупная покупательная способность населения региона).

Вторая часть комплекса – инвестиционный риск – представляет собой вероятность утраты инвестиций и дохода от них и включает следующие виды риска:

– экономический (положительные и отрицательные стороны экономического развития региона);

– финансовый (состояние сбалансированности бюджета региона и состояние финансов реального сектора и банковского и страхового секторов);

– политический (распределение политических симпатий населения по результатам парламентских выборов, авторитет местных властей, частота проведения несанкционированных акций протеста населения и др.);

– социальный (уровень социальной напряженности и неудовлетворённости населения);

– экологический (соблюдение норм охраны окружающей среды);

– криминальный (уровень преступности в регионе, динамика тяжких преступлений, масштабы экономической преступности);

– законодательный или правовой (правовые условия для инвестиций, налоговые инициативы и льготы инвесторам).

Метод распределения регионов по уровню инвестиционной привлекательности позволяет выявить уровень риска, характерный для каждого региона [2].

Структурный анализ инвестиционного потенциала и инвестиционных рисков региона, комплексный учёт базовых показателей, касающихся специфики развития эко-

номики региона, государственной политики в области привлечения инвестиций, специфики нормативно-правовой базы, а также уровня и темпов развития информационных технологий позволяют системно подойти к оценке инвестиционной привлекательности региона.

Теперь перейдём к системному анализу инвестиционной привлекательности одного из регионов Российской Федерации, который на протяжении последних 17 лет остаётся флагманом государственной политики привлечения иностранных и российских инвестиций, – это Краснодарский край.

Значение Краснодарского края в Российской Федерации предопределяется рядом серьёзных геополитических причин и весомых социально-экономических факторов, среди которых обеспечение стабильности на южной границе России и на Северном Кавказе; беспрепятственный выход к Черному морю и далее – к важнейшим мировым морским путям; защита интересов России в районе Азово-Черноморского и Средиземноморского экономического пространства; стабильное развитие стратегического транспортного и многоотраслевого промышленного потенциала, высокоэффективного сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности [3].

Ядро экономического потенциала Краснодарского края составляют строительный, топливно-энергетический, промышленный комплексы, сфера информационных и коммуникационных технологий, агропромышленный, транспортный, курортно-рекреационный и туристский комплексы, уникальный кадровый и научный потенциал. Перечисленные виды деятельности относятся к приоритетам социально-экономического развития России и в этой связи определяют статус Краснодарского края в экономике страны.

Особое значение в масштабах страны имеет агропромышленный комплекс Краснодарского края. АПК края является надёжным гарантом продовольственной безопасности России прежде всего потому, что Кубань обладает богатейшими ресурсами плодородных сельскохозяйственных земель, в том числе черноземов, площадь которых в крае составляет 4805 тысяч гектаров, что составляет более 4 процентов российских и около 2 процентов всех мировых запасов. Ежегодный вклад Кубани в общероссийское производство зерна в России составляет до 15 процентов.

В соответствии со Стратегией социально-экономического развития Краснодарского края до 2020 г. [4] приоритетными направлениями для привлечения инвестиций в край являются:

– агропромышленный комплекс;

– курортно-рекреационный и туристский комплекс;

– транспортный комплекс;

– обрабатывающая промышленность (включая машиностроение, приборостроение, металлообработку, производство строительных материалов, стекольную, деревообрабатывающую, легкую промышленность, фармацевтическую промышленность);

– сектор информационно-телекоммуникационных технологий.

Ключевыми факторами роста инвестиционной привлекательности Краснодарского края являются следующие [5]:

– выгодное географическое расположение края на Юге России, его территория через порты Азово-Черноморского бассейна имеет прямой выход на международные внешнеторговые пути в страны Европы, Средиземноморья, Ближнего Востока и Средней Азии;

– более совершенная транспортная инфраструктура с широким набором транспортных услуг и возможностей, которая позволяет выстраивать удобную логистику;

– теплый климат, способствующий сокращению издержек на отоплении и в строительстве;

– высокий уровень экономической активности местного населения и динамично развивающаяся предпринимательская среда, открывающая широкие возможности вложения капитала для потенциальных инвесторов и способствующая увеличению прибыльности бизнеса на фоне продвинутой конкурентной среды;

– эффективный рынок сбыта, так как Краснодарский край является одним из наиболее привлекательных регионов России для проживания и входит в тройку лидеров по численности постоянного населения (5,5 млн чел.), при этом ежегодно регион посещают не менее 15 млн туристов;

– уникальный опыт в строительстве и реализации масштабных проектов федерального значения, наличие передовых строительных технологий и компетенций;

– открытая и стабильная институциональная среда, надежно защищающая права инвесторов и оказывающая содействие на всех этапах реализации их проектов;

– насыщенная кредитно-финансовая инфраструктура, которая в сочетании с внедрением передовых технологий и средств связи, позволяет пользоваться широким ассортиментом банковских и страховых услуг.

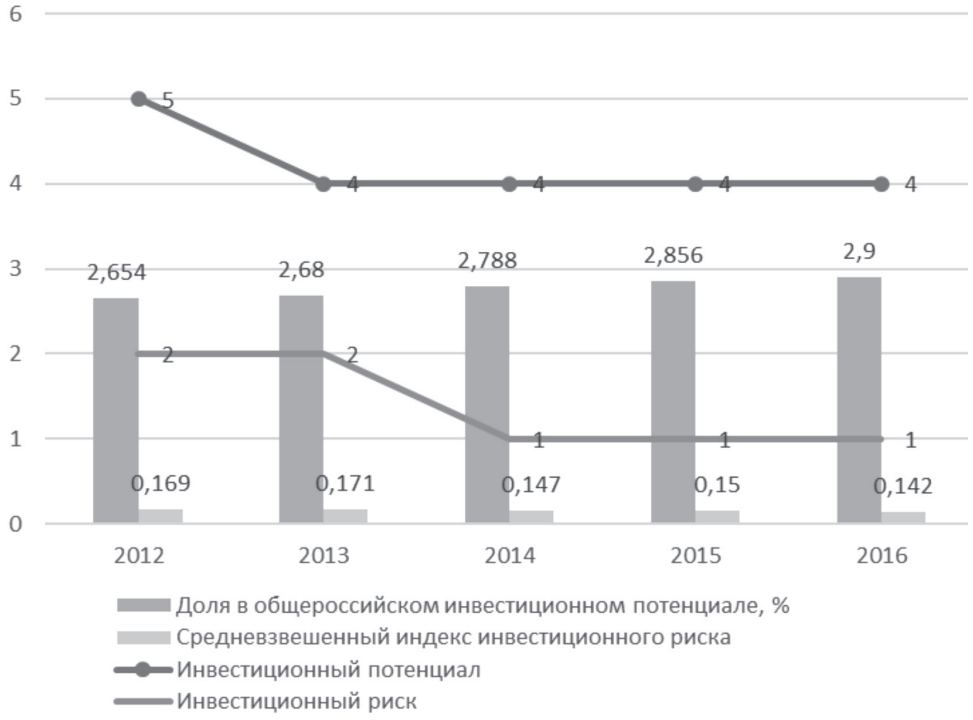
Согласно рейтингу инвестиционной привлекательности регионов России, очередная редакция которого была опубликована ведущим рейтинговым агент-

ством «Эксперт-РА» в январе 2017 г., Краснодарский край вошел в число лидирующих регионов (наряду с Московской областью и г. Санкт-Петербургом) с наименьшими инвестиционными рисками, а значит, лучшими условиями для инвесторов. Согласно этому рейтингу Краснодарский край начиная с 2011 г. стабильно входит в лидирующую группу регионов «Максимальный потенциал – минимальный риск» [6].

В российской практике для оценки инвестиционной привлекательности региона используют, как правило, три главных экспертных подхода. Первый базируется на оценке совокупности основных макроэкономических показателей региона. Второй подход (многофакторный) основывается на взаимосвязанной характеристике максимально широкого набора социально-экономических, правовых и политических факторов, влияющих на динамику инвестиций. Третий подход к оценке инвестиционной привлекательности базируется собственно на комплексной оценке риска утраты инвестиций.

Состав показателей и их веса для определения инвестиционной привлекательности Краснодарского края

Интегральные индикаторы	Частные индикаторы	Веса	Показатели
Инвестиционный потенциал	Производственный	0,8	ВВП на душу населения
	Трудовой	0,8	Трудоспособное население Продолжительность жизни Прирост населения
	Потребительский	0,6	Среднедушевые доходы Потребительские расходы Количество легковых авто Площадь жилых помещений
	Инфраструктурный	0,6	Густота автодорог Кол-во стационарных телефонов
	Туристический	0,5	Экспертная оценка
	Финансовый	0,5	Дефицит/ профицит регионального бюджета Поступление налогов
	Институциональный	0,4	Количество малых предприятий Количество ИП
	Инновационный	0,4	Количество инновационных предприятий. Объём инновационной продукции
	Природный	0,4	Доля территории в РФ Мин.-сырьевые ресурсы Экспертная оценка
	Всего:	5,0	
Инвестиционный риск	Экономический	0,9	Индекс потребит. цен Уровень безработицы Износ основных фондов
	Финансовый	0,9	Дефицит регионального бюджета Задолженность по налогам
	Правовой	0,7	Экспертная оценка
	Социальный	0,7	Доля бедного населения Доходы богатых и бедных Демографическая нагрузка Количество времени забастовок
	Политический	0,7	Экспертная оценка
	Криминальный	0,6	Количество преступлений
	Экологический	0,5	Выбросы в атмосферу Сброс сточных вод
	Всего:	5,0	
	Итого:	10,0	



Динамика параметров инвестиционного потенциала и инвестиционного риска Краснодарского края в 2012–2016 гг.

Для проведения собственной оценки проведём отбор показателей, ориентируясь на два основных фактора: показательность частного индикатора и наличие по нему статистической информации. При проведении отбора статистических показателей используют метод экспертной оценки или метод корреляционного анализа. С целью определения весов частных индикаторов воспользуемся данными методики «Эксперт РА», откорректированными применительно к специфике частных индикаторов инвестиционного потенциала и инвестиционного риска Краснодарского края на 1 января 2017 г. (см. таблицу).

На наш взгляд, безусловным плюсом данной методики также является то, что с ее помощью можно сделать взвешенный вывод о фактическом положении региона среди остальных в рейтинге инвестиционной привлекательности. Кроме того, что очень ценно, она позволяет выявить подлинные преимущества и недостатки конкретного региона и дать рекомендации относительно целесообразности разработки и реализации отраслевых и инфраструктурных направлений перспективного инвестиционного развития региона, а также предложить ряд имиджевых программ, подчёркивающих конкурентные преимущества региона, его самобытность и исключительность.

Использование данной методики для структурного анализа инвестиционной привлекательности Краснодарского края позволяет не только проводить постоянный мониторинг состояния и динамики частных индикаторов инвестиционного потенциала и инвестиционного риска края, но и давать экспертные оценки вероятного воздействия государственной инвестиционной политики на характер и направления социально-экономического развития Краснодарского края, а также разрабатывать планы инвестиционного развития приоритетных направлений экономики края.

На рисунке представлена фактическая динамика основных параметров инвестиционного потенциала и инвестиционного риска как основных составляющих инвестиционной привлекательности Краснодарского края за 2012–2016 гг. по методике «Эксперт РА».

Как видно из рисунка, за период 2012–2016 гг. инвестиционный потенциал Краснодарского края стабильно возрастает с 2,65 до 2,90 % общероссийского инвестиционного потенциала. При этом инвестиционный риск региона за тот же период стабильно уменьшается: средневзвешенный индекс инвестиционного риска Краснодарского края за 2012–2016 гг. сократился с 0,16 до 0,14 ед.

Краснодарский край начиная с 2011 г. уже седьмой год подряд входит в группу лидеров рейтинга А1 «Максимальный потенциал – минимальный риск». Кроме того, по результатам общероссийского исследования Краснодарский край является регионом с наименьшими рисками и для потенциальных, и для действующих инвесторов и лидирует среди всех регионов России по такому частному индикатору, как туристическая привлекательность.

Согласно данным национального рейтингового агентства «Эксперт РА» по результатам исследования инвестиционной привлекательности регионов России на 1 января 2017 г. Краснодарскому краю вновь присвоен высший рейтинг А1 «Максимальный потенциал – минимальный риск» наряду с Московской областью и Санкт-Петербургом.

Чем же объясняется такая стабильность тренда инвестиционной привлекательности Краснодарского края за последние семь лет? Высокими темпами региональной инвестиционной активности и неизменно низким уровнем инвестиционных рисков. Инвестиционный риск – это качественная характеристика, позволяющая оценить вероятность утраты инвестиций и дохода от них. Оценка инвестиционного риска представляет важнейший интерес прежде всего для самого стратегического инвестора. Она позволяет ему не только понять различные аспекты интереса региона для инвестирования, но и сравнить уровень риска нового объекта вложения инвестиций с привычным, проанализировать наиболее удачные и значимые региональные проекты, реализованные в последнее время.

В 2011–2016 гг. в Краснодарском крае были реализованы следующие крупные (стоимость свыше 100 млн рублей) инвестиционные проекты:

– «Расширение завода сельскохозяйственных машин «КЛААС» (город Краснодар), инвестор – ООО «КЛААС» (Германия), объем инвестиций – 5,1 млрд рублей, период реализации – 2009–2016 гг., число созданных рабочих мест – 120 чел.;

– «Строительство дополнительного корпуса фабрики полного цикла по производству сублимированного кофе» (Тимашевский район), инвестор ООО «Нестле Кубань» (Швейцария), объем инвестиций – 6,6 млрд рублей, период реализации – 2009–2013 гг., число созданных рабочих мест – 130 чел.

– «Строительство многофункционального торгово-развлекательного комплекса «OZ» (город Краснодар), инвестор – ООО «Эйм Проперти Девелопмент», объем инвестиций – 10,3 млрд рублей, период реализации 2007–2013 гг., число созданных рабочих мест – 320 чел.;

– «Строительство современного тепличного комплекса с использованием энергосберегающих технологий для круглогодичного выращивания огурцов и томатов» (Динской район), инвестор – ЗАО «ТАНДЕР», объем инвестиций – 10 млрд рублей, период реализации 2012–2016 гг., число созданных рабочих мест – 1200 чел.;

– «Строительство перегрузочного комплекса по перевалке нефти, нефтепродуктов и сжиженных углеводородных газов» (Темрюкский район), инвестор – ЗАО «Таманьнефтегаз», объем инвестиций – 29,3 млрд рублей, период реализации – 2004–2014 гг., число созданных рабочих мест – 1300 чел.;

– «Строительство электрометаллургического завода (1 и 2 очередь)» (Абинский район), инвестор – ООО «Абинский электрометаллургический завод», объем инвестиций – 11 млрд рублей, период реализации 2007–2015 гг., число созданных рабочих мест – 1800 чел.;

По итогам 2015 г. на территории Краснодарского края было реализовано 60 крупных инвестиционных проекта на общую сумму 68,6 млрд рублей. В результате пуска указанных проектов создано порядка 4,3 тыс. новых рабочих мест. Годовые налоговые поступления во все уровни бюджета от реализации завершенных проектов в 2015 г. оценивались более чем в 2 млрд рублей.

По итогам 2016 г. на территории Краснодарского края реализовано уже 85 крупных инвестиционных проектов на общую сумму 79,3 млрд рублей, в результате которых создано порядка 6,8 тыс. новых рабочих мест.

В 2017 г. в крае продолжается реализация крупных инфраструктурных проектов в транспортном комплексе, таких как:

– расширение Единой газотранспортной системы (ЕГТС) России;

– строительство нефтяной трубопроводной системы «Юг»;

– расширение трубопроводной системы «Тенгиз – Новороссийск»;

– строительство сухогрузного района морского порта Тамань;

– развитие Новороссийского транспортного узла;

– строительство обхода Краснодарского железнодорожного узла;

– комплексная реконструкция железнодорожной инфраструктуры Таманского полуострова и электрификация направления «Разъезд 9 км – Анапа – Порт Кавказ»;

– реконструкция нефтерайона «Шесхарис».

Инвестиционные ожидания региона также связаны с реализацией отдельных мероприятий ФЦП «Социально-экономическое

развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года». В частности, со строительством на территории края электросетевых объектов и газопроводов для обеспечения Крыма. Особую значимость для развития экономики Краснодарского края приобретает стратегический проект строительства транспортного перехода через Керченский пролив с железнодорожными и автомобильными подходами к нему, который должен связать Крымский полуостров с территориальной Россией, обеспечить его бесперебойное снабжение и включить в логистическую цепочку юга России. Проект реализуется в соответствии с утвержденным графиком работ и уже оказывает положительное стимулирующее влияние на инвестиционную активность региона.

В 2017 г. в крае продолжается реализация крупных инфраструктурных проектов практически во всех отраслях экономики. Среди них выделяются такие крупные и долгосрочные проекты, как модернизация нефтеперерабатывающих предприятий (Афипский НПЗ, Ильский НПЗ), развитие портовой инфраструктуры (Туапсинский морской торговый порт, порты Темрюк и Кавказ), развитие агропромышленного комплекса (ООО «Кубань Вино»), транспортной отрасли (реконструкция и развитие международного аэропорта «Краснодар» в модальный аэропортовый комплекс, модернизация и реконструкция аэропортов Геленджик и Анапа), развитие потребительской сферы (реализация инвестиционных программ компаний «Окей», X5 Retail Group).

В Краснодарском крае действует ряд крупнейших в России агрохолдингов-инвесторов – ОАО Агрохолдинг «Кубань» (Усть-Лабинский район) и АО фирма «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева (Выселковский район). Последний занимает лидирующие позиции в стране по объему производства молока. Предприятия на постоянной основе вкладывают значительные средства в инвестиционное развитие АПК.

В рамках долгосрочной инвестиционной программы развития группы НМТП (ПАО «Новороссийский морской торговый порт») компанией планируется увеличение перевалки сухих грузов к 2018 г. на 29 млн т, а к 2025 г. – на 45 млн т.

Развитие ООО «ЕвроХим – Белореченские Минудобрения», крупнейшего производителя минеральных удобрений в Краснодарском крае, осуществляется также в рамках утверждённой и согласованной в администрации Краснодарского края долгосрочной инвестиционной программы на 2017–2022 гг. [7].

В соответствии с поручением Правительства Российской Федерации АО «Транснефть» планирует до 2018 г. переориентировать грузопотоки с прибалтийских портов на российские, в том числе на порт Новороссийск. Таким образом, с учетом проводимой в настоящее время масштабной реконструкции нефтерайона «Шесхарис» (г. Новороссийск), а также реализации трубопроводной системы «Турецкий поток» данный фактор окажет существенное влияние на инвестиционное развитие не только Краснодарского края, но и юга России в целом.

Кроме того, Краснодарский край в ближайшие годы станет площадкой для реализации целого ряда важных для страны имиджевых проектов.

Прежде всего, это эффективное использование объектов олимпийского наследия, которое будет способствовать в том числе увеличению туристского потока в Краснодарский край. Спортивные сооружения и инфраструктурные объекты, оставшиеся после проведенных в 2014 г. XXII Олимпийских зимних игр и XI Параолимпийских зимних игр, планируется использовать в качестве базовых объектов для дальнейшего инфраструктурного развития города Сочи, как одного из наиболее популярных курортов и спортивных центров не только в России, но и в мире.

Еще один знаковый проект – это проведение Кубка Конфедераций 2017 г. и подготовка к проведению Чемпионата мира по футболу 2018 г. Среди 11 российских городов, в которых пройдут игры Чемпионата мира, Краснодарский край представлен городом Сочи, где на Центральном стадионе «Фишт» в 2018 г. будут проводиться международные матчи по футболу.

Таким образом, благодаря диверсифицированной экономике в 2017 и последующие годы Краснодарский край готов представить бизнесу уникальный спектр возможностей для вложения инвестиций практически во всех отраслях экономики. Примечательно, что основой инвестиционного портфеля региона на протяжении многих лет является частный капитал. Проведенный анализ свидетельствует о положительной тенденции развития инвестиционной активности Краснодарского края в средне- и долгосрочной перспективах. При этом значительную долю инвестиций в дальнейшем планируется обеспечивать за счет привлечения частных российских и зарубежных коммерческих вложений.

По результатам проведённого исследования можно сделать вывод о том, что, несмотря на повысившиеся в последние годы

мировые инвестиционные риски и экономическую неопределённость, в том числе на мировом рынке сырья и энергетических ресурсов, а также обострение внешнеполитической ситуации, усугубляющейся введением новых международных экономических и финансовых санкций против Российской Федерации, в 2011–2016 гг. инвестиционный потенциал Краснодарского края развивался стабильными темпами на фоне тенденции сокращения частных индикаторов инвестиционного риска, что обеспечивает краю лидирующие позиции в общероссийском рейтинге инвестиционной привлекательности.

Список литературы

1. Игонина Л.Л. Инвестиции. – М.: Магистр, 2012. – 749 с.

2. Мамиев О.Р. Развитие экономических основ государственной социальной политики в условиях депрессивного региона на примере Республики Северная Осетия – Алания: дис. … канд. экон. наук. – Специальность 08.00.05. Москва, 2002. – 194 с. URL: http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002324000/rsl01002324667/rsl01002324667.pdf. (дата обращения: 02.07.2017).

3. Государственная программа Краснодарского края «Социально-экономическое и инновационное развитие Краснодарского края» [Электронный ресурс]. – URL: https://www. http://krasnodar.regnews.org/doc/mq/rf.htm (дата обращения: 03.07.2017).

4. Закон Краснодарского края «О стратегии социально-экономического развития Краснодарского края до 2020 года» от 29.04.2008 г. № 1465 – КЗ // Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 03.07.2017).

5. Закон Краснодарского края «О стимулировании инвестиционной деятельности в Краснодарском крае» от 23.06.2014 г. № 731 – КЗ // Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 03.07.2017).

6. Информация и методы «Эксперт РА» [Электронный ресурс]. – URL:http://www.raexpert.ru/ratings/ regions/2017/part7 (дата обращения: 04.07.2017).

7. Постановление Главы администрации Краснодарского края «О порядке рассмотрения и согласования инвестиционных проектов на территории края» от 03.09.2003 г. № 858 // Консультант Плюс [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 05.07.2017).

УДК 339.9.012.421

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ ПРИГРАНИЧНОГО РЕГИОНА: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕТОРГОВЫХ ОТНОШЕНИЙ

[1]Гичиев Н.С., [2]Шабанова М.М., [2]Суракатов Н.С.

[1]Институт социально-экономических исследований Дагестанского научного центра РАН, Махачкала, e-mail: nabi-05@mail.ru;

[2]Дагестанский государственный технический университет, Махачкала, e-mail: madinash@inbox.ru, sur71@yandex.ru

Цель данной работы состоит в обобщении теоретико-методологических основ и эмпирической оценке влияния внешней торговли и валютного курса на темпы экономического роста запаздывающего в социально-экономическом развитии приграничного региона. Методы исследования опираются на производственную функцию Кобба – Дугласа (Cobb-Douglas production function) с включением, в качестве объясняющих переменных, валютного курса и внешней торговли. Результаты исследований дают объяснение долговременным механизмам связи внешнеторговой открытости с ростом экономики в рамках эндогенной модели роста. В частности, аргументируется положение, согласно которому внешняя торговля может благоприятствовать экономическому росту приграничного региона. Рост паритета покупательной способности на 1% сопровождается увеличением ВРП Дагестана примерно на 1%. В то же время увеличение объемов ВРП Дагестана на 1% детерминирует прирост объемов внешней торговли на 0,7%. Вывод. Научная литература по акселераторам эндогенного роста подчеркивает влияние внешней торговли и обменного курса на экономическое развитие государств и регионов. Использование инструментов количественной оценки взаимосвязи международной торговли и экономического роста приграничного региона позволило преодолеть проблему снижения доверительных статистических интервалов с минимальными размерами выборки. В ходе исследования определено влияние показателей внешнеторгового оборота, обменного курса на экономический рост приграничного региона с учетом либерализации торговли.

Ключевые слова: экономический рост, внешняя торговля, эконометрическая модель, приграничный регион, валовой региональный продукт

ECONOMIC GROWTH OF THE BORDER REGION: METHODS FOR ASSESSING THE IMPACT OF FOREIGN TRADE RELATIONS

[1]Gichiev N.S., [2]Shabanova M.M., [2]Surakatov N.S.

[1]Institute for Social and Economic Research Dagestan Scientific Center, Makhachkala, e-mail: nabi-05@mail.ru;

[2]Dagestan State Technical University, Makhachkala, e-mail: madinash@inbox.ru, sur71@yandex.ru

The purpose of this work is to generalize the theoretical and methodological foundations and empirical assessment of the impact of foreign trade and exchange rates on the rate of economic growth of the lagging socio-economic development of the border region. The research methods are based on the Cobb-Douglas production function, with the inclusion, as explanatory variables, of the exchange rate and foreign trade. The results of the research provide an explanation for the long-term mechanisms for linking foreign trade openness with the growth of the economy within the framework of the endogenous growth model. The growth of purchasing power parity by 1% is accompanied by an increase in GRP of Dagestan by approximately 1%. At the same time, an increase in the GRP of Dagestan by 1% determines the growth in foreign trade by 0.7%. Conclusion. The scientific literature on the accelerators of endogenous growth underscores the impact of foreign trade and the exchange rate on the economic development of states and regions. The use of tools for quantifying the relationship between international trade and economic growth in the border region allowed us to overcome the problem of reducing confidence statistical intervals with the minimum sample size. The course of the study determined the impact of foreign trade turnover and the exchange rate on the economic growth of the border region, taking into account trade liberalization.

Keywords: economic growth, international trade, econometric model, border region, gross regional product

В статье рассматривается взаимосвязь между торговлей и запаздывающим ростом экономики приграничного региона. На основе статического и динамического анализа данных выявлено, что рост торговли не приводит к значительной территориальной поляризации. Однако в сочетании с определенными специфическими условиями торговля имеет положительную и значительную связь с региональным неравенством. Государства с более высокими внутренними транзакционными издержками и уровнем совпадения регионального распределения доходов и доступа на внешний рынок столкнулись с наибольшей территориальной дифференциацией при воздействии торговых потоков. Следовательно, изменения в торговых режимах имеют более выраженный поляризующий эффект в странах с низким и средним уровнем дохода, структурные особенности которых, как правило, усиливают эффект неравенства в торговле и уровень внутренней пространственной поляризации [1, с. 20].

Хотя в отдельных случаях торговля и усиливает пространственную диспропорцию, но «данные из… индустриальных стран свидетельствуют о том, что развитие в значительной степени устранило неравенство в сельских районах» [2, с. 62]. С этой точки зрения подход к содействию экономическому развитию основывается на трех предположениях:

1) усиление торговли приводит к растущему территориальному неравенству;

2) по мере развития страны снижается уровень дисперсии неравенства;

3) возникновение пространственных диспропорций не представляет угрозы для будущего развития: развивающимся странам следует больше заботиться о поощрении роста [3, с. 12].

Теоретические основы исследования

Появление теоретических работ, объединенных в рамках Новой экономической географии (НЭГ), нивелировало пробел в научной литературе по пространственной дифференциации под влиянием внешних факторов. Следует отметить работы, связанные с пространственными последствиями экономической открытости и торговли [4, с. 137–150; 5, с. 70–93], в которых причинный эффект глобализации концептуализируется с точки зрения изменений трансграничного доступа к рынкам, влияющего на взаимодействие между агломерацией и дисперсионными силами, что, в свою очередь, определяет динамику промышленной локализации во внутренних регионах.

Во многих исследованиях, касающихся дисперсии экономического развития, используются эконометрические методы анализа временных рядов (OLS), показавших положительное влияние внешней торговли на экономический рост и расширение регионального неравенства [6, с. 2838–2854; 7, с. 2948–2969; 8, с. 77–89; 9, с. 260–286].

Количественная оценка взаимосвязи международной торговли с региональными диспропорциями экономического развития на примере европейской интеграции представлена в работе S. Barrios и E. Strobl [10, с. 575–591]. В результате проведенного исследования выяснилось, что размах дифференциации регионального неравенства зависит от соотношения валового внутреннего продукта (ВВП) и объёма международной торговли.

Приведенные примеры показывают, что вопрос о взаимосвязи международной торговли с региональной дисперсией экономического роста остается открытым и нуждается в дальнейшем исследовании, как в теоретической, так и в эмпирической плоскости.

Материалы и методы исследования

Касаясь методов количественной оценки взаимосвязи пространственной дисперсии с торговыми факторами, следует обратить внимание на то, что может быть выведено из простых двоичных ассоциаций (взаимодействие внешней торговли с экономическим ростом), ибо они предоставляют лишь ограниченную информацию о задействованных механизмах. Ведь и другие факторы могут оказывать влияние на эволюцию региональных различий. Чтобы проверить, существует ли значительная связь между открытостью и пространственным неравенством, необходимо представить эконометрическую спецификацию с дополнительными контрольными и условными переменными.

Большинство исследований детерминант регионального неравенства основываются на статистических однолетних спецификациях. Тем не менее региональное неравенство имеет высокую степень инерции, что делает проблематичным рассмотрение временных характеристик. Следует отметить, что теория не дает четких сведений о временном измерении пространственной дисперсии неравенства доходов или экономического роста.

Однако, исходя из вышеприведенного обсуждения, может быть сформулирована общая модель пространственного неравенства доходов:

$$Inequality^{*}_{it} = \alpha + \sum \beta x_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

где $Inequality^{*}_{it}$ – уровень неравенства в стране i в момент времени t, x_{it} – вектор независимой переменной кондиционирования пространственного распределения дохода в любой стране i в момент времени t.

Уравнение (1) не рассматривает инерцию в системе. Поэтому, используя модель классического привыкания T. Brown [11, с. 355–371], уравнение (1) преобразуется в уравнение (2):

$$Inequality_{it} - Inequality_{it-1} = \lambda\left(Inequality^{*}_{it} - Inequality_{it-1}\right), 0 < \lambda < 1, \quad (2)$$

где фактическое наблюдаемое изменение пространственной конфигурации ($Inequality_{it}$ – $Inequality_{it-1}$) представляет собой долю λ корректировки, которая имела бы место при мгновенной корректировке.

Параметр λ находится в диапазоне от 0 до 1 и представляет собой скорость регулировки. Если λ близко к 1, то регулировка происходит почти мгновенно, и отношение теоретической детерминанты x_{it} и пространственным результатом $Inequality_{it}$ является статически значимым. Если λ меньше 1, то разность между наблюдаемыми пространственными результатами и их инерцией $Inequality^{*}_{it}$ становится существенной, создавая необходимость контроля для частичной корректировки в динамической модели.

Заменяя $Inequality^{*}_{it}$ – получаем

$$Inequality_{it} = \lambda\left(\alpha + \sum \beta x_{it} + \varepsilon\right) + (1-\lambda) Inequality_{it-1}, 0 < \lambda < 1. \quad (3)$$

Уравнение (3) представляет базовую спецификацию, применяемую в динамических панельных регрессиях. В левой части уравнения находится зависимая переменная, представляющая наблюдаемое неравенство. Справа – теоретические детерминанты пространственной конфигурации без инерции, плюс значение предыдущего периода зависимой переменной.

Следует отметить, что необходимо контролировать и другие факторы, потенциально влияющие на взаимосвязь между торговлей и пространственным неравенством. Ключевой элемент в этой области связан с классическим учением J.G. Williamson [12, с. 3–45] о связи между пространственными различиями и стадией экономического развития. По мнению Уильямсона, внутристрановые пространственные неравенства являются результатом уровня национального экономического развития. По мере процветания стран неравенство, как правило, уменьшается, что делает экономический рост основным фактором изменений пространственного неравенства.

Вышеизложенное обсуждение приводит к преобразованию уравнения (1) в следующую эмпирическую спецификацию:

$$\ln \text{Inequality}^{*}_{it} = \alpha + \beta_1 \ln\left(GDPcap_{it}\right) + \beta_2\left[\ln\left(GDPcap_{it}\right) * \text{Development}_t\right] +$$

$$+\beta_3 \ln\left(Trade_{it}\right) + \beta_4\left[\ln\left(Trade_{it}\right) * \text{Development}\right] +$$

$$+\beta_5\left[\ln\left(Trade_{it}\right) * \ln\left(\text{Government}_t\right)\right] + \beta_6\left[\ln\left(Trade_{it}\right) * \ln\left(\text{Sectors}_t\right)\right] +$$

$$+\beta_7\left[\ln\left(Trade_{it}\right) * \ln\left(\text{MarketAccess}_t\right) * \ln\left(\text{Coincidence}_i\right)\right] + \varepsilon_{it}, \quad (4)$$

где $\text{Inequality}^{*}_{it}$ представляет уровень в стране регионального неравенства в стране i в год t, измеренный с помощью индекса Джини регионального ВВП на душу населения.

$GDPcap_{it}$ означает реальный ВВП на душу населения по ППС в $ США (2000) для страны i в год t .

Development_t – это фиктивная переменная, которая принимает значение 1, если страна i является развивающейся или переходной экономикой и 0 в противном случае. Категории были назначены на основе исторических классификаций Всемирного банка. Каждой стране была назначена ее самая частая классификация за период, охваченный в наборе данных. Эта переменная, в свою очередь, подразделялась на три компонента:

$Trade_{it}$ она представляет общий объем импорта и экспорта в текущих долларах США, поделенный на ВВП в ППС (PPP) долларах США для страны i в год t .

Sectors_t представляют собой переменную, нацеленную на учет степени межрегиональных секторальных различий, существующих в разных странах и регионах, что обусловлено стандартным отклонением доли сельского хозяйства в региональном ВВП, усредненным в течение рассматриваемых периодов для страны i.

Government_t обозначает размер правительства в стране i, на которую распространяется доля невоенных государственных расходов в общем объеме ВВП, усредненная в течение рассматриваемых периодов.

MarketAccess_t означает степень межрегиональных различий в доступе на внешние рынки в разных странах.

Результаты исследования и их обсуждение

Представленный выше обобщенный анализ теоретических подходов к взаимосвязи торговли с динамикой экономического роста служит основой для его проецирования на региональный уровень. Особенно востребованной в плане количественной оценки воздействия внешней торговли на валовой региональный продукт представляется ситуация в приграничных регионах, которые в силу периферийной гравитации оказываются в запаздывающем цикле экономического роста. В нашем исследовании в качестве объекта анализа представлен субъект Северо-Кавказского федерального округа – Республика Дагестан (РД).

Согласно статистическим данным РД относится к числу регионов с высокими показателями инвестиционного риска и незначительным потенциалом роста экономики. Кроме отмеченных характеристик можно выделить особенность современного этапа экономического роста, заключающуюся в необходимости мобилизации внутренних ресурсов региона для поддержания экономики за счет потенциала менее капиталоемких отраслей (межрегиональной и внешней торговли и др.), так как экзогенные акселераторы роста (цены на энергоносители, хорошие условия международного сотрудничества и т.д.) показывают отрицательную динамику. Для дотационного региона (РД) значительное сокращение доходов федерального бюджета за счет ухудшения международной политической конъюнктуры и падения мировых цен на сырьевые ресурсы привело к катастрофическому недофинансированию производственной инфраструктуры и высокой напряженности в социальной сфере.

В создавшихся условиях представляется достаточно обоснованным обращение к использованию потенциала роста менее капиталоемкой отрасли – внешней торговле приграничного региона. Однако недостаточное внимание со стороны региональных властей и государства в целом, к значимости данной отрасли экономики для инициации экономического роста не позволяет пока в полной мере реализовать геотранзитный и внешнеторговый фактор роста приграничного региона (РД).

В этой связи необходимо отметить, что рассматриваемая региональная проблематика получила освещение в ряде публикаций [13, с. 88–92; 14]. Однако современный

этап экономического развития, характеризующийся значительными изменениями политических и экономических условий, требует дополнительного анализа и количественной оценки воздействия внешних факторов (валютного курса – ER и внешней торговли – IT) на экономический рост приграничного региона (РД).

На рис. 1 представлен комбинированный график двух агрегированных показателей роста: валового регионального продукта на душу населения в $ (ВРП) Республики Дагестан и средневзвешенного курса доллара США ($).

Визуализация (см. рис. 1) двух одновременно протекающих процессов позволяет отметить синхронизацию периодов ослабления национальной валюты и роста экономики и наоборот – укрепления рубля и снижения ВРП региона (РД). Однако «закономерность» такой периодизации нарушается после введения международных санкций. Использование монетарного инструмента (смягчение курса национальной валюты) на федеральном уровне не компенсировало падение экономического роста приграничного региона (РД): в 2015 г. наблюдалось разнонаправленное движение курса $ и ВРП РД. Такая трактовка требует своего эмпирического обоснования в виде построения эконометрической модели роста. Поэтому в нашей эконометрической модели (5; 6) будет представлен валютный курс $ в качестве макроэкономического инструмента коррекции динамики ВРП.

Графическая интерпретация взаимосвязи валютного курса и динамики внешней торговли представлена на рис. 2. Здесь также прослеживается определенная периодизация взаимосвязи двух макропоказателей: ослабление национальной валюты предшествует росту внешнеторгового оборота региона. Разнонаправленное движение индикаторов ER и IT наблюдается лишь в период начала введения международных санкций. Такое тривиальное представление о взаимосвязи на последних этапах экономического развития региона также требует обоснования в нашей эконометрической модели роста (5; 6).

В целях количественной оценки влияния валютного курса (ER) и внешней торговли (IT) на экономический рост приграничного региона (РД) в эконометрическую модель в качестве факторных признаков поэтапно вводятся внешнеторговый оборот и валютный курс.

Полученные результаты количественной оценки взаимосвязи ВРП и внешней торговли (IT) представлены в уравнении регрессии (5), а взаимосвязи ВРП, внешней торговли (IT) и валютного курса (ER) представлены в уравнении регрессии (6):

$$Y = -200{,}6909106 + 6{,}15637216\, X_1 + \varepsilon_{it}, \quad (5)$$

где Y – валовой региональный продукт, $/чел.; X_1 – внешнеторговый оборот млн $; ε_{it} – случайная ошибка.

$$Y = -88{,}20756824 + 5{,}671027492 X_1 - 0{,}308723434 X_2 + \varepsilon_{it}, \quad (6)$$

где Y – валовой региональный продукт, $/чел.; X_1 – внешнеторговый оборот млн $; X_2 – средневзвешенный курс руб./$; ε_{it} – случайная ошибка.

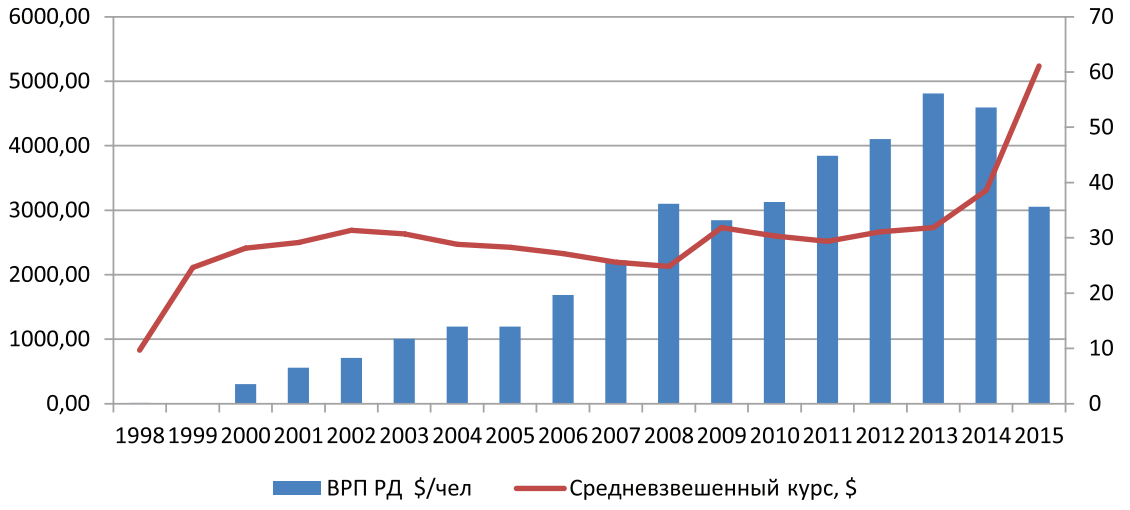


Рис. 1. Динамика роста средневзвешенного курса $ и валового регионального продукта Республики Дагестан на 1 жителя в $

Рис. 2. Динамика роста средневзвешенного курса $ (ER) и внешней торговли (IT) Республики Дагестан

Выводы

Как показывают эконометрические расчеты, рост паритета покупательной способности на 1% сопровождается увеличением ВРП Дагестана примерно на 1%. В то же время увеличение объемов ВРП Дагестана на 1% детерминирует прирост объемов внешней торговли на 0,7%. Учитывая сложившуюся ситуацию на мировом рынке, необходимо активизировать работу правительства и профильных министерств субъектов СКФО (в том числе и Республики Дагестан) по использованию незадействованного интеграционного потенциала сотрудничества с такими энергетическими центрами прикаспийского региона, как Казахстан, Туркменистан, Грузия, Армения, с которыми у Дагестана нет значимых объемов внешней торговли и прямых инвестиций.

Список литературы

1. World Bank. World development report 2009: Reshaping economic geography. Washington, D.C.: World Bank, 2009. – P. 20.

2. World Bank. World development report 2009: Reshaping economic geography. Washington, D.C.: World Bank, 2009. – P. 62.

3. World Bank. World development report 2009: Reshaping economic geography. Washington, D.C.: World Bank, 2009. – P. 12.

4. Krugman P., Livas Elizondo, R. Trade policy and the Third World metropolis // Journal of Development Economics. – 1996. – vol. 49, issue 1. – P. 137–150.

5. Chiquiar D. Globalization, regional wage differentials and the Stolper-Samuelson theorem: Evidence from Mexico // Journal of International Economics. – 2008. – № 74. – P. 70–93.

6. Jordaan J.A. Intra- and interindustry externalities from foreign direct investment in the Mexican manufacturing sector: New evidence from Mexican regions // World Development. – 2008. – № 36. – P. 2838–2854.

7. Jordaan J.A. Regional foreign participation and externalities: New empirical evidence from Mexican regions // Environment and Planning A. – 2008. – № 40. – P. 2948–2969.

8. Adkisson R., Zimmerman L. Retail trade on the U.S.-Mexico border during the NAFTA implementation era // Growth and Change. – 2004. – № 35. – P. 77–89.

9. Ford T.C., Logan B., Logan J. NAFTA or nada? Trade's impact on U.S. border retailers // Growth and Change. – 2009. – № 40. – P. 260–286.

10. Barrios S., Strobl E. The dynamics of regional inequalities. Regional Science and Urban Economics. – 2009. – № 39. – P. 575–591.

11. Brown T.M. Habit, persistence and lags in consumer behavior // Econometrica. – 1952. – № 20. – P. 355–371.

12. Williamson J.G. Regional inequality and the process of national development: A description of the patterns // Economic Development and Cultural Change. – 1965. – № 13(4). – P. 1–84.

13. Белицкий М.Е. Международная торговля и экономический рост: метаанализ научных работ 1970-2000-х гг. // Журнал международного права и международных отношений. – 2008. – № 3. – С. 88–92.

14. Гичиев Н.С. Экономический рост макрорегиона: детерминанты региональной торговой интеграции и социально-экономического развития. – М.: Издательство «Перо», 2016. – 248 с.

УДК 339.942:911:504.062

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ УДАЛЁННОСТИ ООПТ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ ОТ ПРОЕКТИРУЕМОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА «ЗАПАДНАЯ ЕВРОПА – ЗАПАДНЫЙ КИТАЙ»

Григоревский Д.В., Чибилёв А.А. (мл.), Падалко Ю.А.

ФГБУН «Институт степи Уральского отделения Российской академии наук», Оренбург, e-mail: a.a.ml@mail.ru

Реализация проекта международного транспортного коридора «Западная Европа – Западный Китай» в рамках инициативы создания экономического пояса «Великий Шёлковый путь» открывает перед муниципальными образованиями, по территории которых он будет проходить, новые возможности, в том числе и для развития в сфере туризма и рекреации. В этой связи актуальным является решение проблемы рационального использования туристско-рекреационного потенциала сети охраняемых территорий. В статье приводятся результаты пространственного анализа территориальной удалённости (доступности) особо охраняемых природных территорий Оренбургской области от проектируемого транспортного коридора «Западная Европа – Западный Китай». Пространственное геоинформационное исследование выполнено в ГИС SASPlanet и MapInfo. Составлена сводная таблица удаленности выявленных 86 ООПТ, находящихся на территории 9 муниципальных образований, прилегающих к проектируемому транспортному коридору. В разрезе муниципальных образований дана характеристика возможностей использования природного потенциала сети ООПТ для развития туристско-рекреационного кластера ПТК. Пространственный анализ территориальной доступности ООПТ показал значительные перспективы раскрытия их потенциала в туристско-рекреационной сфере. Выявлены охраняемые природные территории в зоне транспортной доступности менее 50 км, имеющие перспективы интеграции в туристско-рекреационный комплекс ПТК, развития различных видов туризма и отдыха, а также экологического просвещения.

Ключевые слова: Оренбургская область, международный транспортный коридор «Западный Китай – Западная Европа», памятники природы, особо охраняемые природные территории, транспортная доступность, пространственный анализ, туристско-рекреационный потенциал

SPATIAL ANALYSIS OF PROTECTED AREAS' TERRITORIAL REMOTENESS OF THE ORENBURG REGION FROM THE DESIGNED TRANSPORT CORRIDOR «WESTERN EUROPE – WEST CHINA»

Grigorevskiy D.V., Chibilev A.A. (jr.), Padalko Yu.A.

Institute of Steppe of the Ural branch of the RAS, Orenburg, e-mail: a.a.ml@mail.ru

The implementation of the project of the international transport corridor «Western Europe – Western China» in the framework of the initiative to create the economic belt «The Great Silk Road» creates new opportunities for the development of tourism and recreation. In this regard, the solution of the problem of rational use of the tourist and recreational potential of the network of protected areas is relevant. The article presents the results of a spatial analysis of the territorial remoteness (accessibility) of specially protected natural areas of the Orenburg Region from the projected transport corridor «Western Europe – Western China». Spatial geoinformation study is performed in GIS SASPlanet and MapInfo. A summary table of the remoteness of identified 86 protected areas located on the territory of 9 municipalities adjacent to the projected transport corridor has been drawn up. In the context of municipalities, the possibilities of using the natural potential of the PA network for the development of the tourist and recreational cluster of the PTC are described. Spatial analysis of the territorial accessibility of protected areas has shown significant prospects for the disclosure of their potential in the tourist and recreational area. Protected natural areas in the transport access zone less than 50 km have been identified, with prospects for integration into the tourist and recreation complex of the PTC, the development of various types of tourism and recreation, and environmental education.

Keywords: Orenburg region, international transport corridor «Western China – Western Europe», nature monuments, specially protected natural areas, transport accessibility, spatial analysis, tourist and recreational potential

В последние несколько лет развитие международного сотрудничества в рамках инициативы создания экономического пояса «Великий Шёлковый путь» воплощается в реализации проекта крупномасштабного международного транспортного коридора «Западная Европа – Западный Китай». Длина скоростной магистрали от г. Санкт-Петербург до китайского г. Ляньюнган составит около 8,5 тыс. км. На российскую часть проектируемого транспортного коридора (ПТК) от г. Санкт-Петербург до с. Сагарчин в Оренбургской области приходится 2233 км [1]. На сегодняшний день полноценно функционируют казахстанский и китайский участки трассы. Завершение реализации проекта на территории регионов России намечено на 2020 г. По территории Оренбургской области пройдёт самый южный участок

ПТК в России. В пределах субъекта прилегающими к участку трассы (г. Кумертау – с. Сагарчин) протяжённостью около 170 км являются 9 муниципальных образований: Акбулакский, Беляевский, Саракташский, Оренбургский, Сакмарский, Тюльганский, Октябрьский районы, Соль-Илецкий и Оренбургский городские округа (рис. 1).

Помимо очевидных возможностей развития придорожно-гостиничной инфраструктуры и торговой сферы, перед муниципальными образованиями открываются возможности развития туристско-рекреационной сферы в том числе с использованием потенциала охраняемых природных объектов [2].

Прохождение ПТК вблизи охраняемых природных объектов увеличивает вероятности чрезмерной антропогенной нагрузки на ландшафты ООПТ, их аэрозольного, органического и шумового загрязнения [3]. С другой стороны, природно-ресурсный потенциал ООПТ вблизи международного транспортного коридора при соблюдении параметров рекреационной ёмкости и экологических нормативов может быть востребован для туризма, рекреации и экологического просвещения.

Цель исследования

В результате пространственного анализа территориальной удалённости (доступности) особо охраняемых природных территорий Оренбургской области от проектируемого транспортного коридора «Западная Европа – Западный Китай» выявить объекты перспективные для интеграции в туристско-рекреационный комплекс региона.

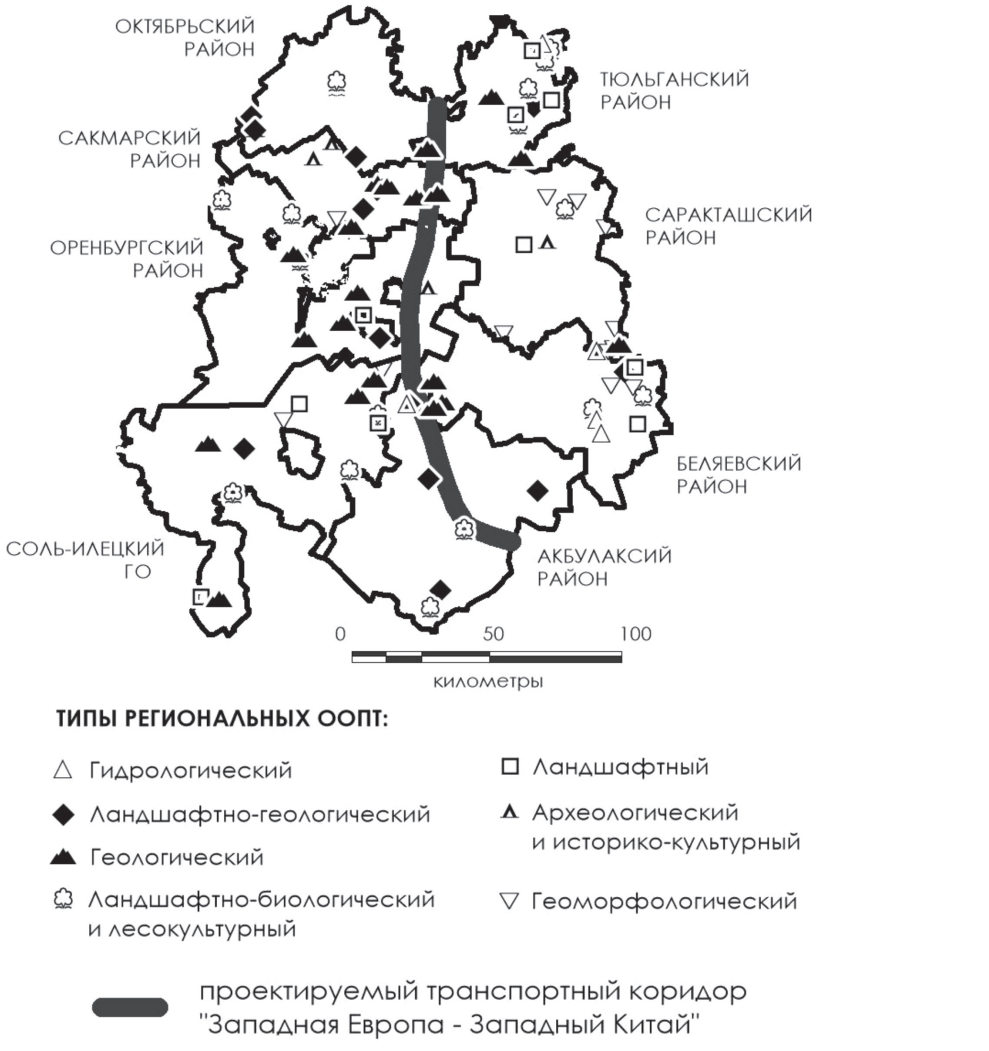


Рис. 1. Схема проектируемого транспортного коридора в разрезе сети региональных ООПТ Оренбургской области [4, 5]

Удаленность ООПТ от ПТК «Западная Европа – Западный Китай» [1, 4, 5]

Муниципальное образование	№ п/п	Название ООПТ	Тип объекта (согласно рис. 1)	Расстояние от ООПТ до ПТК, км	
				по дорогам общего пользования	по прямой
1	2	3	4	5	6
Акбулакский район	1	Гора Корсак – Бас (Лисья голова)	ланд.-геол.	26	24
	2	Гора Тасуба (Тас-Тубе)	ланд.-геол.	35	23
	3	Покровские меловые горы	ланд.-геол.	7	3
	4	Участок ГПЗ «Предуральская степь»	ланд.	42	33
	5	Родник – исток р. Карагачки	гидр.	11	3
	6	Сагарчинская лесная дача	ланд.-биол.	1	1
	7	Урочище Верховья Карагачки	ланд.-геол.	11	2
	8	Урочище Караагач	ланд.-биол.	73	32
Беляевский район	9	Участок ГПЗ «Буртинская степь»	ланд.	91	62
	10	Гора Верблюжка (Дюятаж)	геом.	87	80
	11	Гора Маячная	геом.	83	72
	12	Донской дубняк (как тип леса)	ланд.-биол.	90	82
	13	Карстовое поле Жанатаускен	ланд.	101	65
	14	Малое Косымское ущелье	ланд.	89	74
	15	Овраг Блюменталь	геол.	13	10
	16	Овраг Кзылоба	геол.	7	6
	17	Овраг Консу	геол.	14	8
	18	Озеро Косколь	гидр.	90	55
	19	Предуральская степь	ланд.	42	33
	20	Соленое урочище	ланд.-биол.	87	63
	21	Тузлуккольские грязи	гидр.	92	62
Октябрьский район	22	Мясниковский меднорудный яр	ланд.-геол.	99	63
	23	Присалмышское карстовое поле	ланд.-геол.	37	26
	24	Старо-Ордынский овраг	ланд.-геол.	94	62
	25	Старо-Ордынский рудник	арх.	94	61
	26	Урочище Березовая гора	ланд.-биол.	55	30
	27	Урочище Гнилые лозки	ланд.-биол.	46	31
Оренбургский район и ГО	28	«Журавчики» у Благословенки	геол.	31	28
	29	Балка Джеланды-Сай	ланд.-геол.	52	15
	30	Гора Стеклянная	геол.	51	30
	31	Дендрарий Комсомольского лесничества (дендрарий Аветисяна)	ланд.-биол.	60	49
	32	Донгузскис скалы (Донгуз – VI)	геол.	66	41
	33	Каргалинско-Сакмарские сыртовые колки	ланд.-биол.	110	77
	34	Сайгачий рудник	ланд.	41	23
	35	Урочище Бахмуткин родник	ланд.-биол.	86	52
	36	Урочище Крутой обрыв	геол.	61	52
	37	Урочище Рудничное	арх.	2	1
Сакмарский район	38	Белая Гора	геол.	4	2
	39	Гора Гребени	геол.	33	30
	40	Гора Палатка (Палаточная)	ланд.-геол.	28	19
	41	Гора Рублевая (Рубленая)	ланд.-геол.	34	25
	42	Гора Сырт	геол.	31	15
	43	Обрыв Сверчки	геол.	29	18
	44	Орловские рудники	арх.	69	41
	45	Петропавловский разрез	геол.	8	6
	46	Рудники у Косматой Шишки	арх.	68	34
	47	Урочище Муратауз	геом.	51	35

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
Саракташский район	48	Нос-гора	геол.	94	69
	49	Андреевские Шишки	геом.	85	63
	50	Гора Самбула	ланд.	44	33
	51	Карстовое поле Печоры	геом.	77	52
	52	Козьи Горы	геом.	79	41
	53	Кондуровские венцы	геом.	97	69
	54	Родник Белоглинка (Вонючий родник)	гидр.	88	62
	55	Саракташская дубовая роща	ланд.-биол.	76	47
	56	Стог-гора	геом.	90	66
	57	Туембетский рудник	арх.	54	42
	58	Урочище Красногоры	геом.	35	28
	59	Яманское ущелье	геом.	87	67
Соль-Илецкий ГО	60	Букобайские яры	геом.	80	11
	61	Верхнемечетский разрез	геол.	126	79
	62	Верхне-Чибендинские меловые горы	геом.	162	101
	63	Ветлянские яры	ланд.-геол.	138	66
	64	Галечный овраг	геол.	90	54
	65	Гора Алеутас	ланд.-геол.	15	14
	66	Гора Боевая	ланд.	87	50
	67	Гора Змеиная	геол.	77	14
	68	Перовские яры	геол.	91	20
	69	Соколиные колки	ланд.-биол.	16	15
	70	Степной участок Никольский	ланд.	102	49
	71	Троицкие меловые горы	геол.	157	97
	72	Урочище Возрождение	ланд.-биол.	52	31
	73	Урочище Прохладное	ланд.	56	35
	74	Черноольшанник у с. Изобильное	ланд.-биол.	107	75
Тюльганский район	75	Алмалинский лесопарк Тимашева	ланд.-биол.	83	46
	76	Астраханский оползень	геол.	1	1
	77	Гора Мулькамантау	геол.	33	22
	78	Гора Накас	ланд.	89	40
	79	Козловский лесопарк Тимашева	ланд.-биол.	43	34
	80	Красный Шихан	ланд.-геол.	57	38
	81	Синие Камни	геол.	64	33
	82	Ташлинский лесопарк Тимашева	ланд.-биол.	64	35
	83	Тюльганская Большая Шишка	ланд.	40	32
	84	Урманские дубы	ланд.-биол.	83	43
	85	Урочище Алебастровая гора и родник	ланд.	62	44
	86	Урочище Кривая липа и родник	гидр.	86	43

Материалы и методы исследования

С целью определения удалённости (доступности) особо охраняемых природных территорий от ПТК нами проведено пространственное геоинформационное исследование с использованием ГИС SASPlanet и Mapinfo. На территории 9 муниципальных образований было выявлено 84 ООПТ регионального значения и 2 федерального; от каждого объекта было установлено расстояние до ПТК по дорогам общего пользования, а также расстояние по прямой; результаты были сгруппированы по группам транспортной доступности в зонах до и более 50 км (таблица).

Объекты природного и историко-культурного наследия обладают туристско-рекреационным потенциалом, что позволяет рассматривать сеть ООПТ не только с точки зрения экологического каркаса, но и с точки зрения её интеграции в туристско-рекреационный комплекс региона**.** Наибольшее количество ООПТ из рассматриваемых муниципальных образований отмечается в Соль-Илецком ГО и Беляевском районе. Однако они значительно удалены от ПТК (в среднем на 80 км). Компактно расположены ООПТ в Акбулакском и Оренбургском районах при среднем удалении от трассы – 25–35 км.

В *Акбулакском районе* средняя удалённость ООПТ от ПТК наименьшая среди всех рассматриваемых МО (около 26 км по дорожной сети и 15 км по прямой). В непосредственной близости от трассы располагаются Сагарчинская лесная дача и Покровские меловые горы.

На территории *Соль-Илецкого городского округа* расположен известный многим отдыхающим и туристам уникальный природно-антропогенный объект, имеющий важное рекреационное и бальнеологическое значение – солёное озеро «Развал». В 2016 г. он был выведен из перечня региональных ООПТ Оренбургской области. В непосредственной близости к ПТК расположены геологические и геоморфологические объекты: гора Змеиная, Букобайские яры, гора Алеутас (менее 15 км). Однако добраться до каждого из них с ПТК по дорогам общего пользования можно будет проехав около 80 км, так как, согласно дорожной схеме, съезды со скоростной магистрали на полевые дороги не предусмотрены. Транспортная доступность около 40% ООПТ Соль-Илецкого ГО составляет более 100 км, в связи с чем они в значительной мере теряют туристско-рекреационную привлекательность для рекреантов со стороны потока ПТК.

Большинство памятников природы *Беляевского района* располагается в восточной части района на значительном (более 50 км) удалении от ПТК. В непосредственной близости находятся геологические памятники природы: овраги Кзылоба, Консу, Блюменталь. В 40 км от трассы находится участок государственного природного заповедника «Оренбургский» Предуральская степь на территории которого с 27 мая 2016 г. действует Центр реинтродукции лошади Пржевальского. Привлекателен в плане познавательного туризма созданный в 2013 г. на окраине п. Сазан «Центр разведения степных животных», в настоящее время на территории центра обитают лошади Пржевальского, верблюды, кианги, яки и другие представители степной фауны [6].

На территории *Оренбургского района* развита туристско-рекреацинная инфраструктура в окрестностях п. Пригородный, с.Нежинка, с.Благословенка и с Самородово. Туристические базы и дома отдыха восточной части района могут стать основой туристско-рекреационного кластера ПТК. В непосредственной близости к ПТК расположено Урочище Рудничное (2 км).

Памятники природы *Саракташского района* расположены в основном в центральной и восточной части района, на среднем удалении более 70 км от проектируемого транспортного коридора. Среди объектов перспективных для интеграции в туристко-рекреационный комплекс ПТК, располагающихся в относительной близости, можно выделить ландшафтный памятник природы гора Самбула (44 км по дорогам общего пользования).

В *Сакмарском районе* в непосредственной близости от проектируемого транспортного коридора располагаются геологические памятники природы: Белая гора (4 км) и Петропавловский разрез (8 км).

В *Тюльганском районе* в относительной близости друг от друга располагаются лесокультурные памятники природы лесопарки Тимашева: Ташлинский (64 км от ПТК по дорогам общего пользования), Алмалинский (83 км), Козловский (43 км), представляющие научный и учебно-просветительский интерес.

На территории *Октябрьского район*а расположено наименьшее количество ООПТ из рассматриваемых муниципальных образований. Средняя удаленность охраняемых территорий от ПТК составляет почти 70 км.

Результаты исследования и их обсуждение

Визуализация пространственного анализа удаленности особо охраняемых природных территорий от проектируемого транспортного коридора по дорогам общего пользования представлена в виде диаграммы на рис. 2 (цифрами обозначены памятники природы, представленные в таблице).

В результате проведённого исследования из 86 ООПТ нами было выявлено 14 территорий в зоне транспортной доступности менее 50 км, имеющих перспективы для интеграции в туристско-рекреационный комплекс ПТК, развития видов отдыха и экологического просвещения [2, 7].

– *Ландшафтно-геологические:* гора Тасуба, Покровские меловые горы, Присалмышское карстовое поле, гора Палаточная, гора Рублевая, гора Алеутас;

– *Ландшафтные:* участок ГПЗ «Оренбургский» «Предуральская степь, гора Самбула.

– *Геологические:* «Журавчики» у Благословенки, гора Гребени, гора Сырт, гора Мулькамантау.

– *Ландшафтно-биологические и лесокультурные:* Козловский лесопарк Тимашева;

– *Археологические и историко-культурные:* урочище Рудничное.

В зоне транспортной доступности от ПТК более 50 км в результате настоящего исследования выявлено 26 ООПТ, перспективных с точки зрения использования их рекреационного потенциала для развития туризма и экологического просвещения.

Стоит отметить, что на территории некоторых муниципальных образований выявленные природные объекты для охраны и рекреации образуют своеобразные кластеры, которые при строительстве необходимой инфраструктуры могут стать туристско-рекреационными [8].

Так, например, эстетической привлекательностью и рекреационным потенциалом обладает Белая гора в Сакмарском районе. Строительство кемпингов и удобных смотровых площадок будет способствовать реализации туристско-рекреационных возможностей этого ООПТ. Зимой рекреационный потенциал района обусловлен расположением в 30 км от ПТК горы Гребени. Более привлекательным для туристов данный памятник природы может быть при преобразовании существующей горнолыжной базы в современный горнолыжный центр. Рациональное использование туристско-рекреационного потенциала ООПТ Тюльганского района будет способствовать развитию пешего, горнолыжного и экстремального туризма. Условия для горнолыжного спорта созданы на базах с. Ташла и с. Тугустемир, развитие которых будет способствовать увеличению потока туристов и рекреантов, в том числе за счёт потоков международного транспортного коридора.

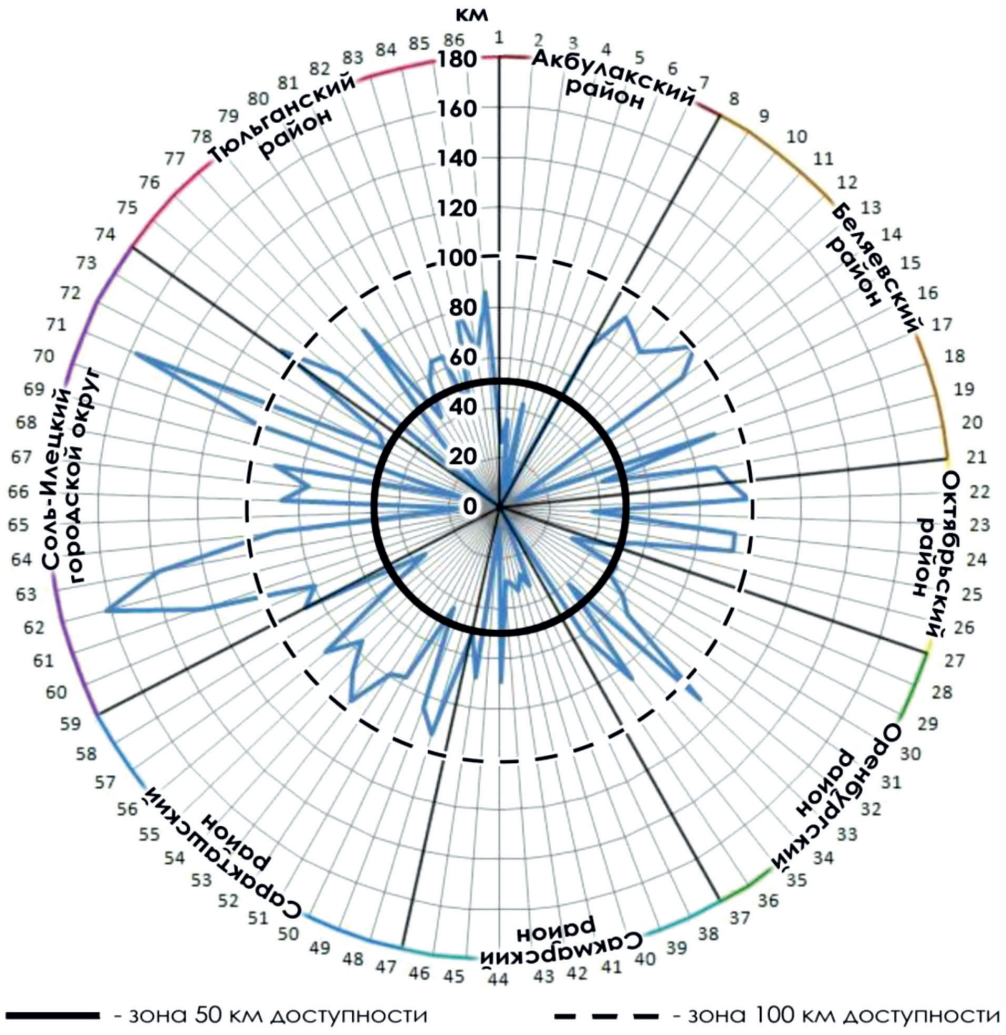


Рис. 2. Удалённость ООПТ от ПТК «Западная Европа – Западный Китай» (по сети автодорог общего пользования)

Помимо особо охраняемых природных территорий области туристско-рекреационная сфера Оренбургской области базируется на сети гидрологических, орографических, историко-культурных и флористических объектов, не включенных в перечень памятников природы либо выведенных из него в 2016 г. В этой связи наиболее перспективными из них являются солёные озера Соль-Илецка и Майорское водохранилище, где развита водно-рекреационная инфраструктура. Транспортный коридор «Западная Европа – Западный Китай» будет пересекать основные водные артерии Оренбургской области (р. Урал, р. Сакмара). В дальнейшем возможна значительная нагрузка на водные объекты при востребованности водных ресурсов для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения и рекреации. Для этих целей на исследуемой территории, по нашему мнению, необходимо создавать новые объекты туристской инфраструктуры на базе искусственных водных объектов (пруды, водохранилища) Среднего Поуралья. Пространственный анализ территориальной доступности ООПТ показал значительные перспективы раскрытия их потенциала в туристско-рекреационной сфере. Охраняемые территории это не только экологические коридоры, заповедные рефугиумы, эталонные участки нетронутых степей и т.д. с системой запретов и особым режимом охраны. Туристско-рекреационный потенциал ООПТ рассматриваемых муниципальных образований Оренбургской области, при рациональном использовании их природных ресурсов и грамотном позиционировании их туристско-рекреационного потенциала

может и должен интегрироваться в региональное социально-экономическое развитие территорий прилегающих к международному транспортному коридору «Западная Европа – Западный Китай».

Статья подготовлена в рамках темы «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды» (№ ГР АААА-А17-117012610022-5) при финансовой поддержке РГНФ и администрации Оренбургской области в рамках научного проекта № 17-12-56005 «Интегральная оценка современного социально-экономического положения регионов трансграничного бассейна реки Урал на основе ГИС-анализа в связи с созданием Таможенного и Евразийского экономического союзов» по региональному конкурсу «Урал: история, экономика, культура» 2017 – Оренбургская область».

Список литературы

1. Хусид Д.Л. Прохождение международного транспортного маршрута «Европа – Западный Китай» по территории Оренбургской области» – Оренбург: IV Евразийский экономический форум, 2014. – 10 с.

2. Чибилёв А.А. (мл.) Позиционирование природного и историко-культурного наследия охраняемых природных территорий Оренбургской области в рамках устойчивого социально-экономического развития региона // Вестник ОГУ. – 2007. – Спец. выпуск (67). – С. 183–189.

3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2016. – 639 с.

4. Приказ Министерства природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области от 5 апреля 2016 г. № 427 «Об утверждении перечней особо охраняемых природных территорий областного и местного значения Оренбургской области» [Электронный ресурс]. – URL: http://mpr.orb.ru/ecology/102/121/ (дата обращения: 13.07.2017).

5. Природное наследие Оренбургской области: особо охраняемые природные территории. [Электронный ресурс]. – URL: http://orenpriroda.ru/kadastrpriroda (дата обращения: 18.06.2017).

6. Степной стационар Института степи УрО РАН «Оренбургская Тарпания» [Электронный ресурс]. – URL: http://orensteppe.org/home/the-news/2015-08-20-04-12-14/487-2016-06-02-03-15-13 (дата обращения: 25.07.2017).

7. Туристические маршруты Оренбургской области: сводный путеводитель / Под ред. Чибилёва А.А. – Оренбург: ООО «Союз-Реклама», 2008. – 98 с.

8. Каменских Э.А. Условия формирования кластеров туристско-рекреационных услуг в регионе // Научное обозрение. Экономические науки. – 2015. – № 1. – С. 189–190.

УДК 334.746.4:330.341:332.1:623

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ПРЕДПРИЯТИЙ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

[1,2]Ибрагимов О.Е.

[1]ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань;
[2]ЗАО «Инновационно-производственный технопарк «Идея», Казань, e-mail: ksv1002@mail.ru

В статье автор рассматривает организационно-экономические особенности интеграции малых и средних предприятий в инновационном процессе предприятий оборонно-промышленного комплекса, специфику непосредственно инновационной деятельности на предприятиях оборонно-промышленного комплекса, особенности их взаимодействия с малыми и средними предприятиями в процессе инновационной деятельности, обосновывает их потенциальные возможности в рамках современной инновационной модели на примере Республики Татарстан, в том числе, рост их численности, выручки от реализации продукции и услуг, реализации инновационной продукции на зарубежный рынках, количество полученных охранных документов на результаты интеллектуальной деятельности в Российской Федерации, количество секретов производства (ноу-хау), полученных малыми инновационными предприятиями в рамках реализации проекта и ряд других показателей. Все это автор рассматривает как важный ресурс взаимодействия малых инновационных предприятий с предприятиями оборонно-промышленного комплекса в целях повышения их инновационной активности и эффективности управления инновационными проектами.

Ключевые слова: малые и средние предприятия, инновационная деятельность, предприятия оборонно-промышленного комплекса, организационно-экономические особенности взаимодействия

ORGANIZATIONAL-ECONOMIC FEATURES OF INTEGRATION OF SMALL ENTERPRISES IN AN INNOVATIVE PROCESS OF ENTERPRISES OF THE MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REGION

[1,2]Ibragimov O.E.

[1]Federal State educational institution of higher education budget «Kazan national research University of technology», Kazan;
[2]Innovation and production technopark «Idea», Kazan, e-mail: ksv1002@mail.ru

In the article, the author examines the organizational-economic features of integration of small and medium-sized enterprises in innovation enterprises of the military-industrial complex, the specificity of direct innovation at enterprises of the Defense-industrial complex, especially their interaction with small and medium-sized enterprises in the innovation process, justifies their potential within contemporary innovation model based on the example of the Republic of Tatarstan, including their growing numbers, revenues from sales of products and services , the realization of innovative products to foreign markets, the number of titles to the results of intellectual activity in the Russian Federation, the number of production secrets (know-how) of small innovative enterprises in the framework of the implementation of the project and a number of other indicators. All this the author regards as important resource interactions of small innovative enterprises with enterprises.

Keywords: small and medium-sized enterprises, innovation, enterprises of the Defense-industrial complex, organizational and economic peculiarities of interaction

В отечественной экономической литературе достаточно широко представлены исследования проблем инновационной деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса, среди которых можно выделить работы С.И. Астахова, А.М. Батьковского, А.В. Бирюкова, А.Ю. Володина, Ю.В. Ерыгина, А.И. Ивануса, Н.В. Кандыбко, И.Е. Караваева, Б.Н. Кузыка, Г.А. Лавринова, Д.И. Макаренко, А.Ю. Мошина, Н.В. Серова, А.Н. Стяжкина, И.Э. Фролова, Е.Ю. Хрусталева и других. Однако эти исследования носят несколько односторонний, однонаправленный характер, рассматривающий инновационную деятельность предприятий оборонно-промышленного комплекса исключительно в рамках непосредственно самих предприятий, где разработки проходят полный инновационный цикл.

В то же время практически отсутствуют глубокие исследования роли и места малых и средних предприятий в инновационном цикле предприятий оборонно-промышленного комплекса, их организационных, экономических и управленческих преимуществ в рамках инструментария аутсорсинга. Фрагментарно, в качестве поставочных проблем, эти вопросы затрагиваются в трудах С.Н. Ларина, А.В. Лихтера, И.В. Молодана, А.Н. Стяжкина.

Однако большинство отечественных исследователей этого круга проблем доста-

точно жестко настаивают на точке зрения, что «одним из способов решения проблемы (повышения эффективности инновационной деятельности предприятий оборонно-промышленного комплекса – прим. автора) является создание крупных корпораций и холдингов, интегрирующих в своем составе научно-исследовательские институты, опытно-конструкторские бюро, производственные предприятия, систему распределения продукции, лизинговые и финансовые структуры. Практика показывает, что в рамках холдинга может в полной мере реализоваться весь цикл «потока инноваций» от сферы проектирования до послепродажного обслуживания» [1]. При этом приводимая авторами статистика свидетельствует об обратном. Так, при относительно высокой доле предприятий оборонно-промышленного комплекса, занимающихся инновационными разработками, в совокупном количестве предприятий промышленности, объем инновационной продукции, выпускаемой этими предприятиями остается на уровне «10–30% от общего объема выпускаемой инновационной продукции по промышленности в целом» [1].

Более того, ряд авторов выделяют якобы специфические для предприятий оборонно-промышленного комплекса принципы управления инновационной деятельностью, которые при ближайшем рассмотрении являются не чем иным, как перефразированными базовыми принципами методологии управления. При этом совершенно очевидно, что в сфере оборонно-промышленного комплекса полноценно действуют далеко не все принципы управления в силу объективных ограничительных причин, связанных с государственной тайной и необходимостью закрытия информации.

Однако принцип адаптации, притом активной адаптации, складывающийся из последовательности уровней изменения информированности, изменения поведения, изменения параметров системы и целенаправленного изменения внешней среды, всецело соответствует основным специфическим особенностям инновационной деятельности в сфере оборонно-промышленного комплекса и логично предполагает активное привлечение на правах взаимовыгодного участия малых инновационных предприятий как носителей инновационного потенциала. В этой связи необходимо отметить, что в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 2011 г. № 254-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» под инновационной деятельностью понимается «деятельность (включая научную, технологическую, организационную, финансовую и коммерческую деятельность), направленная на реализацию инновационных проектов, а также на создание инновационной инфраструктуры и обеспечение ее деятельности» [2]. Исходя из этого определения законодателя можно всесторонне и достаточно широко трактовать понятие инновационной инфраструктуры, что, несомненно, относится как к предприятиям оборонно-промышленного комплекса, так и к малым и средним инновационным предприятиям, являющимся важной составляющей инновационной инфраструктуры.

По данным исследований последних лет в настоящее время в мировой экономике преобладает модель инновационного процесса, связанная с «ограничением ресурсов в рамках создания инноваций, а также критического сокращения жизненного цикла технологий и продуктов» [3].

В связи с чем ряд отечественных исследователей акцентирует внимание на формировании сетевых структур и кластеров вокруг крупных предприятий оборонно-промышленного комплекса, включающих малые и средние предприятия, при неоспоримом преимуществе крупных корпораций оборонно-промышленного комплекса, способных проводить полноценные инновационные разработки, что уже не исключает участия в этом процессе малых и средних инновационных предприятий, как важнейшей составляющей инновационной инфраструктуры, реально позволяющей осваивать ограниченные ресурсы и сокращать жизненный цикл инновационных проектов. Тем более что права и возможности субъектов малого и среднего предпринимательства, в том числе в сфере взаимодействия с предприятиями оборонно-промышленного комплекса, определены Постановлением Правительства РФ от 11.12.2014 г. № 1352 [4].

В то же время нужно с объективной необходимостью признать, что проявление и реализация базовых принципов управления инновационной деятельностью на предприятиях оборонно-промышленного комплекса имеет ряд специфических особенностей, которые, несомненно, отражаются на функциях и методах управления этим процессом.

Прежде всего, необходимо выделить ряд факторов, отражающих специфику производимой продукции предприятиями оборонно-промышленного комплекса и ее назначение. Кроме того, взаимодействие организаций и предприятий оборонно-промышленного комплекса с субъектами

малого и среднего предпринимательств в части сотрудничества в оборонной сфере сопряжено с некоторыми дополнительными ограничениями и осложняющими обстоятельствами, важнейшими среди которых являются:

– выполнение требований, связанных с использованием сведений, составляющих государственную тайну;

– лицензирование производства вооружений и военной техники;

– государственное регулирование цен и система регулирования уровня рентабельности, делающая развитие кооперации малопривлекательным;

– отсутствие нормативно-правовой базы, единой для исполнителей головного предприятия и всех соисполнителей, входящих в кооперацию;

– высокая ответственность головного исполнителя за качество изделий и комплексов в целом;

– раздельный учет результатов финансово-хозяйственной деятельности по каждому контракту [5].

Кроме того, целесообразно выделить специфические организационно-экономические особенности интеграции предприятий оборонно-промышленного комплекса и субъектов малого и среднего предпринимательства, которые существенно сдерживают процесс эффективного взаимодействия двух сторон. Как нам представляется, к этим наиболее выраженным специфическим организационно-экономическим особенностям можно отнести:

– отсутствие у большинства предприятий оборонно-промышленного комплекса необходимого организационного ресурса, связанного с системой взаимодействия с большим количеством поставщиков;

– обоснованные риски невыполнения заказа внешним поставщиком в лице субъектов малого и среднего предпринимательства в срок и в надлежащем качестве;

– отсутствие механизма и инструментов поиска и отбора субъектов малого и среднего предпринимательства, имеющих все необходимые потенциальные ресурсы для выполнения заказов предприятий оборонно-промышленного комплекса в рамках модели аутсорсинга;

– относительно низкий уровень технико-технологической вооруженности, организационной, управленческой, квалификационной подготовленности специалистов субъектов малого и среднего предпринимательства для выполнения заказов предприятий оборонно-промышленного комплекса;

– риски утечки секретной информации и несанкционированного использования субъектов малого и среднего предпринимательства (копирования, изготовления контрафакта) интеллектуальной собственности (чертежи и др.) предприятий оборонно-промышленного комплекса;

– отсутствие доступной для субъектов малого и среднего предпринимательства информации о потребностях предприятий оборонно-промышленного комплекса и установления контакта со службой закупок;

– риски невыполнения существенных условий договоров (в том числе несвоевременной оплаты) со стороны заказчика предприятия оборонно-промышленного комплекса;

– сложность быстрого получения оборотных средств при отсутствии залога, высокая степень зависимости от своевременности оплаты со стороны предприятия оборонно-промышленного комплекса [5].

Однако, несмотря на очевидные проблемы эффективного взаимодействия субъектов малого и среднего предпринимательства с предприятиями оборонно-промышленного комплекса в процессе инновационной деятельности, отдельный имеющийся опыт формирования этих связей дает все основания для позитивного решения этого круга проблем. Так, в качестве важнейшей организационно-экономической предпосылки успешной интеграции субъектов малого и среднего предпринимательства в инновационный процесс предприятий оборонно-промышленного комплекса с объективной необходимостью можно рассматривать общий рост экономических показателей развития малых инновационных предприятий в Республике Татарстан, динамика которого за последние три года представлена в таблице. При этом под малыми инновационными предприятиями мы понимаем субъекты малого предпринимательства, осуществляющие инновационные разработки продукции, услуг и технологий, как за счет собственных средств, так и за счет грантов, средств крупных предприятий, целенаправленно финансирующих эти разработки в качестве заказчика.

В соответствии с приведенными статистическими данными, интеллектуальный и экономический потенциал малых инновационных предприятий за анализируемый период существенно укрепился. Среднесписочная численность сотрудников малых инновационных предприятий выросла почти вдвое, общая выручка от реализации продукции и услуг в 2,6 раза, выручка от реализации инновационной продукции более чем втрое, выручка от реализации инновационной продукции на зарубежный рынках более чем в 10 раз, количество полученных охранных документов на результаты интел-

лектуальной деятельности в Российской Федерации вчетверо, количество созданных новых или модернизированных продуктов (услуг) более чем в 13 раз.

Уверенные темпы развития малых инновационных предприятий позволяют с высокой степенью вероятности рассматривать их потенциал как гарантию эффективной интеграции в процессе инновационной деятельности с предприятиями оборонно-промышленного комплекса. В связи с чем для эффективного участия субъектов малого и среднего предпринимательства в разработке и производстве инновационной продукции военного назначения, в первую очередь импортозамещающей, в целях выполнения государственного оборонного заказа необходимо обеспечить:

– допуск высокотехнологичных малых и средних предприятий к выполнению государственных заказов предприятий оборонно-промышленного комплекса;

– доступ малых и средних предприятий к современной опытно-производственной и лабораторной базе высокотехнологичного оборудования и к перспективным технологиям предприятий оборонно-промышленного комплекса;

– повышение доступности финансовых ресурсов для малых и средних предприятий, участвующих в реализации государственного оборонного заказа совместно с предприятиями оборонно-промышленного комплекса;

– вовлечение регионов в процесс создания высокотехнологичных предприятий различных форм собственности;

– создание национальной и региональных систем информационного и технологического взаимодействия предприятий оборонно-промышленного комплекса с малыми и средними предприятиями;

– развитие и целевое повышение кадрового и инженерно-технологического потенциала малых и средних предприятий, участвующих в реализации государственного оборонного заказа совместно с предприятиями оборонно-промышленного комплекса;

– возможности привлечения к выполнению разработок и производству квалифицированных специалистов из других стран бывшего СССР.

К основным сферам управления и взаимодействия предприятий оборонно-промышленного комплекса и предприятий малого и среднего бизнеса необходимо отнести, прежде всего, научно-техническую и технологическую сферы, связанные с разработкой инновационной продукции и технологий для предприятий оборонно-промышленного комплекса.

Динамика основных экономических показателей развития малых инновационных предприятий (МИП) в Республике Татарстан за 2014–2016 гг.

Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Среднесписочная численность сотрудников МИП (чел.)	1 397	2 153	2 591
Общая выручка от реализации продукции (услуг) МИП (млн руб.)	3 547, 8	7 637,5	9 388,8
Выручка от реализации инновационной продукции (услуг), созданной за счет полученного гранта (млн руб.)	901,7	2 346,9	2 779,3
Общая выручка от реализации продукции (услуг) МИП на зарубежных рынках (млн руб.)	97,3	101,6	190,4
Выручка МИП от реализации инновационной продукции (услуг) на зарубежных рынках, созданной за счет полученного гранта (млн руб.)	6,7	21,2	73,5
Объем израсходованных бюджетных средств на реализацию проекта, представленных Фондом (млн руб.)	19,1	217,0	423,9
Объем израсходованных внебюджетных средств на реализацию проекта (млн руб.)	206,6	385,7	356,6
Общее количество объектов интеллектуальной собственности, полученных МИП в рамках реализации проекта (шт.)	16	56	76
Количество поданных заявок ИД в Российской Федерации, созданных МИП в рамках реализации проекта	20	37	73
Количество полученных охранных документов на результаты ИД в Российской Федерации, в рамках реализации проекта	7	22	28
Количество секретов производства (ноу-хау), полученных МИП в рамках реализации проекта	2	10	17
Количество результатов ИД, созданных в результате проекта и внедренных в хозяйственную деятельность	6	14	29
Количество новых или модернизированных продуктов (услуг), созданных в результате выполнения проекта	21	233	286

Кластерная сфера управления и взаимодействия предприятий оборонно-промышленного комплекса и предприятий малого и среднего бизнеса связана с участием малых и средних предприятий в объединениях (кластерах) совместно как с предприятиями оборонно-промышленного комплекса, так и с предприятиями смежных гражданских отраслей промышленности с целью объединения потенциалов участников кластера для разработки и производства инновационной продукции оборонного назначения.

Финансово-инвестиционная сфера управления и взаимодействия предприятий оборонно-промышленного комплекса и предприятий малого и среднего бизнеса связана с финансированием малых и средних предприятий при выполнении ими работ и услуг государственного оборонного заказа, а также привлечением ими инвестиционных ресурсов для целей собственного развития и совершенствования своего технологического и кадрового потенциала.

И, наконец, производственная сфера управления и взаимодействия предприятий оборонно-промышленного комплекса и предприятий малого и среднего бизнеса связана с непосредственным участием малых и средних предприятий в процессе производства продукции оборонного назначения совместно с предприятиями оборонно-промышленного комплекса на условиях аутсорсинга.

Для решения этих задач и в целях развития правового регулирования взаимодействия предприятий оборонно-промышленного комплекса и субъектов малого и среднего предпринимательства следует сформулировать следующие принципы:

– соответствие целей и средств государственного управления малым и средним предпринимательством современному состоянию национальной экономики и уровню развития оборонно-промышленного комплекса;

– сочетание административных и экономических методов управления малым и средним предпринимательством в интересах обеспечения обороноспособности страны;

– соответствие системы управления малым и средним предпринимательством в интересах решения оборонных задач механизму государственного управления малым и средним предпринимательством в целом;

– «оптимальное сочетание централизованного управления малым бизнесом в интересах обеспечения обороноспособности страны с принятием эффективных управленческих решений на региональном уровне» [6];

– четкое определение конкретных проблем функционирования оборонно-промышленного комплекса, к решению которых целесообразным является привлечение субъектов малого и среднего предпринимательства;

– выделение наиболее приоритетных сфер деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства, успешное развитие которых в максимальной степени соответствует интересам обеспечения обороноспособности страны, активизации инновационной деятельности его предприятий;

– опережающее развитие инфраструктуры поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства, привлекаемого к военному производству.

Таким образом, в рамках современной инновационной модели ограниченных ресурсов и сокращения жизненного цикла инноваций особую значимость приобретает организационно-экономический потенциал малых и средних предприятий, как важный ресурс взаимодействия с предприятиями оборонно-промышленного комплекса в целях повышения их инновационной активности и эффективности инновационных проектов.

Список литературы

1. Серов Н.В. Управление инновационным развитием оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации: дис. ... канд. эконом. наук. – Москва, 2015. – 149 с.

2. О внесении изменений в Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике»: Федеральный закон от 21 июля 2011 г. № 254-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: http:// base.consultant.ru/cons/ (дата обращения: 12.10.17).

3. Фролов И.Э. Открытые инновации в ОПК: проблемы и возможности закупки инновационных решений // Закупки в оборонно-промышленном комплексе: тезисы докл. Всерос. конф. 17.11.15 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ecfor.ru/pdf.php?id= pub/frol15 (дата обращения: 12.10.17).

4. Об особенностях участия субъектов малого и среднего предпринимательства в закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц: Постановление Правительства РФ от 11.12.2014 г. № 1352 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.zakupki-inform.ru/44-fz/normativno-pravovye-akty-po-44-fz/postanovlenie pravitelstva-rf-ot-11-12-2014-1352.html (дата обращения: 12.10.17).

5. Ибрагимов О.Е. Взаимодействие компаний малого и среднего бизнеса с предприятиями оборонно-промышленного комплекса: новый формат, проблемы, перспективы, инновации / О.Е. Ибрагимов, С.В. Юшко, В.В. Авилова. – Казань: КНИТУ, 2015. – 102 с.

6. Новиков И.В. Развитие малого бизнеса и укрепление оборонно-промышленной базы современных индустриальных стран: дис. … канд. эконом. наук. – Москва, 2000. – 198 с.

УДК 338.436.33

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ НА ОСНОВЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Коваленко Е.Г.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: kovelena13@mail.ru

В статье анализируются важнейшие параметры продовольственного обеспечения страны и процессы импортозамещения в агропродовольственной системе. Констатируется рост производства продовольствия, сокращение физических объемов импортных поставок. Аналитическое исследование дает основание для формализации проблем в политике сельского развития России. Реализация ФЦП «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 гг. и на период до 2020 г.» и Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 г. декларировали приоритетность социального развития села, однако масштабы государственной поддержки этого направления и достигнутые результаты свидетельствуют о продолжении и углублении кризисных явлений. Продолжается депопуляция сельского населения, нарастает дифференциация социальной комфортности проживания в сельских населенных пунктах с разной численностью граждан. Как одна из мер решения проблемы предлагается повсеместная разработка и реализация стратегий (комплексных программ) устойчивого развития сельских территорий на мезо- (субъекты РФ) и локальном (муниципальные образования) уровне с учетом особенностей и приоритетов их развития.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, импортозамещение, сельские территории, устойчивое развитие, политика сельского развития

ENSURING FOOD SECURITY OF RUSSIA ON THE BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RURAL TERRITORIES

Kovalenko E.G.

National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, e-mail: kovelena13@mail.ru

The article analyses the most important parameters of food security of the country and the process of import substitution in the agri-food system. It is stated the growth of food production. the reduction of physical volumes of import supplies.The analytical research provides a basis for formalization of problems in the policy of rural development in Russia. The implementation of the Federal target program «Sustainable development of rural territories in 2014–2017 and until 2020» and the Strategy of sustainable development of rural territories of the Russian Federation for the period up to 2030 declared the priority of social development of rural areas, but the extent of state support of this direction and the results indicate the continuation and deepening of the crisis. Continuing depopulation of the rural population, the growing differentiation of social comfort of living in rural settlements with different number of citizens. As one of the measures of solving the problem is the widespread development and implementation of strategies (integrated programmes) sustainable development in rural areas at the meso (Russian Federation) and local (municipality) level, taking into account the characteristics and priorities of their development.

Keywords: food security, import substitution, rural territories, sustainable development, rural development policies

Обострение международной обстановки, установление против России со стороны западных стран экономических санкций и ответного продовольственного эмбарго создали сложные условия для развития экономики страны. Они проявляются в сокращении инвестиций, удорожании кредитных ресурсов, росте цен на средства производства и вследствие этого себестоимости продукции, снижении реальных доходов населения и снижении платежеспособного спроса на продовольствие. В стране обострилась проблема обеспечения продовольственной безопасности за счет отечественного производства, составляющего по разным оценкам около 65–75% потребности, импорт продовольствия соответственно 25–35% (доля импорта в крупных мегаполисах страны достигает 50–60%) [1]. Импортозамещение на основе роста производства продукции АПК требует долговременных масштабных мер от государства, в числе которых особую роль играют меры, направленные на устойчивое развитие сельских территорий с целью создания достойных условий жизни для сельского населения как основы продовольственной независимости страны.

Цель исследования заключается в оценке современного уровня и перспектив продовольственной безопасности страны через призму качества жизни сельского населения, государственной поддержки социально-экономического развития села и ее эффективности, формировании предложений по корректировке политики устойчивого развития сельских территорий.

Материалы и методы исследования

Исследование проблем обеспечения продовольственной безопасности, устойчивого развития сельских территорий и механизма воздействия государства на их решение базируется на системном подходе.

Теоретические вопросы продовольственного обеспечения изложены в трудах зарубежных ученых М. Мазойера, Т. Мальтуса, М. Трейси, Э. Райнерта, а также отечественных авторов: А.А. Анфиногентовой, А.И. Алтухова, И.Н. Буздалова, Э.Н. Крылатых, В.В. Милосердова, А.В. Петрикова, Е.В. Серовой, В.Я. Узуна, И.Г. Ушачева и других. Производство продовольствия и обеспечение качества жизни населения зависят от социально-экономического развития сельских территорий, происходящих в них трансформаций, отраженных в трудах П.А. Сорокина, Е. Берга, С.Н. Бобылева, Л.В. Бондаренко, А.В. Мерзлова, Т.Г. Нефедовой, В.В. Пациорковского, Р.Х. Адукова, А.Н. Адуковой, В.И. Данилова-Данильяна, В.В. Козлова, В.З. Мазлоева, Ф. Мантино, И.Н. Меренковой, А.С. Миндрина, Н.И. Оксанич, А.Д. Урсула, Т.В. Усковой.

Исследование базируется на законодательных и нормативных актах, в частности на Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, ФЦП «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 гг. и на период до 2020 года», Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года, официальных материалах Федеральной службы государственной статистики, отчетных и прогнозных данных Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, экспертных оценках, материалах из сети Интернет и авторских расчетах. Проведена оценка основных направлений, методов и инструментов государственного регулирования агропромышленного комплекса и социального развития села как по принятым государственным программам, так и по отчетам их реализации.

Результаты исследования и их обсуждение

В Российской Федерации в последние годы приоритетом государственной политики является обеспечение национальной безопасности страны и продовольственной безопасности как одного из ее главных направлений, реализующих конституционную функцию социального государства – повышение качества жизни российских граждан путем гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения и в первую очередь за счет обеспечения потребностей в качественных продуктах питания.

Оценивая продовольственное обеспечение россиян по среднедушевому потреблению основных продуктов питания за 25 лет, следует констатировать, что проблема существует давно. Так, сравнение данных Росстата за 1991 г. с рациональными нормами (табл. 1) показывает дефицит мясопродуктов в размере 11%, яиц – 12%, масла растительного – 50%, овощей – 39,6%, фруктов – 65%, который в определенной мере компенсировался сверхнормативным потреблением молочных продуктов (на 7,4%), картофеля (на 8,9%) и хлебопродуктов (на 5,2%).

В 2015 г. среднедушевое потребление мясопродуктов соответствует рациональной норме, потребление яиц, сахара, картофеля и хлебопродуктов ее существенно превышает, а по молочным продуктам, овощам и фруктам наблюдается дефицит соответственно на 26,5%, 10,7% и 39%. Тревожным фактом является потребление ниже рациональных норм питания значительной части граждан страны: по мясу и мясопродуктам почти у 30% населения, молоку и молокопродуктам, яйцам, фруктам и меду – более 80%, овощам и бахчевым – 70%. Удельный вес расходов на питание в домашних хозяйствах россиян достигает 50–60%.

Таблица 1

Среднедушевое потребление основных продуктов питания в Российской Федерации, килограмм на человека

	Годы						Рациональная норма потребления*
	1991	2011	2012	2013	2014	2015	
Мясо и мясопродукты в пересчете на мясо	65	71	74	75	74	73	73
Молоко и молочные продукты в пересчете на молоко	349	246	249	248	244	239	325
Яйца и яйцепродукты – штук	229	271	276	269	269	269	260
Сахар	29	40	40	40	40	39	24
Масло растительное	6	13,5	13,7	13,7	13,8	13,6	12
Картофель	98	110	111	111	111	112	90
Овощи и продовольственные бахчевые культуры	86	106	109	109	111	111	140
Фрукты и ягоды	35	60	61	64	64	61	100
Хлебные продукты (хлеб и макаронные изделия в пересчете на муку, мука, крупа и бобовые)	101	119	119	118	118	118	96

Примечание. * Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, утвержденные приказом Минздравом России от 19.08.2016 г. № 614.

По данным Росстата, если в начале 1990-х гг. импорт продовольствия и сельскохозяйственного сырья составлял 9,6 млрд долл. США, то к 2013 г. он увеличился до 43,1 млрд, или в 4,5 раза. Введение эмбарго привело к сокращению объема импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в 2015 г. до 26,5 млрд долл. США (на 33,6% против 2014 г. и на 38,5% против 2013 г.). Удельный вес импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в товарной структуре импорта составил в 2015 г. 4,5% против 13,9% в 2014 г. Объем отечественной продукции в общем объеме внутреннего рынка в 2015 г. составил около 89%, что превысило пороговое значение, установленное Доктриной продовольственной безопасности, утверждённой Президентом РФ в 2010 году. На данный момент выполнено пять из восьми показателей (по зерну, картофелю, сахару, растительному маслу и мясу). Наиболее острая проблема остается с молоком и молочной продукцией [2].

Причин снижения продовольственной импортозависимости несколько, основная из их – запрет ряду стран ввоза в Россию отдельных видов сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (говядины, свинины, сырой рыбы, мяса птицы, молока и молочных продуктов, овощей и фруктов), а это составляет порядка 40% всего импорта продовольствия в Российскую Федерацию. Кроме того, из-за установившегося в последние годы курса рубля многие импортные продукты стали неконкурентоспособными на российском рынке. Свою роль в этих процессах сыграло и развитие сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности в стране, на поддержку которых направлены государственные программы и средства бюджета. В сложившейся ситуации отечественные производители АПК, осуществляющие инвестиции в расширение мощностей до девальвации рубля или имеющие незагруженные мощности, смогли расширить производство.

Однако обозначенные выше положительные на первый взгляд процессы сопровождаются обострением давно имеющихся в экономике аграрной сферы проблем. Во-первых, экономический кризис сопровождается ухудшением бизнес-климата в стране вследствие сокращения и удорожания кредитных ресурсов, а также сокращения у организаций АПК собственных финансовых ресурсов для инвестиций. Во-вторых, происходит сокращение спроса на продовольственные товары из-за роста цен на продукты питания и снижения реальных доходов населения. В-третьих, товаропроизводители АПК зависимы от импортных поставок материалов, технологий, технологического оборудования, которые заменить отечественными в короткие сроки невозможно (например, тепличное овощеводство на 90% зависит от импортных материалов, птицеводство – на 10–15%) [3]. В-четвертых, отрицательно влияет на импортозамещение неразвитость инфраструктуры продовольственного рынка, особенно отсутствие на многих территориях страны оптово-логистических центров, что усложняет доступ к потребителям продукции большинства малых форм хозяйствования АПК. И, наконец, продолжается сокращение численности сельского населения, в том числе и из-за миграции трудоспособных селян, которое сопровождается ростом дефицита квалифицированных кадров, что не способствует решению поставленных перед отраслью задач [4]. В 2015 г. количество субъектов Российской Федерации с миграционной убылью сельского населения составило 62 или почти 74% их общего количества, из них 28 регионов с коэффициентами миграционной убыли 21–70 (38%), а 27 регионов (36%) с коэффициентами миграционной убыли выше 70. В последней группе субъектов Федерации такие республики, как Дагестан, Калмыкия, Карелия, Коми, Марий Эл, Мордовия, Чувашская и другие, а также Архангельская, Кировская, Курганская, Орловская, Свердловская, Тамбовская и другие области [5].

Необходимо констатировать и существенное превышение коэффициента естественной убыли сельского населения по сравнению с городским: если в 2010 г. он был в расчете на 1000 человек соответственно –2,1 и –1,5, то в 2015 г. убыль сельского населения возросла до –1,6, а у городского населения прирост составил 0,8. В стране из-за депопуляции сельского населения длительное время продолжается сокращение числа сельских населенных пунктов (более 3 тысяч каждые пять лет) и особенно быстро с небольшим числом жителей. Так, между переписями населения 2002 и 2010 гг. число сельских населенных пунктов с численностью жителей до 200 чел. сократилось на 9303 (7,8% их общего количества), с численностью от 200 до 1 тыс. чел. – на 2862 (9,1%). В это же время почти в 2 раза возросло количество населенных пунктов с численностью жителей от 1 до 5 тыс. человек.

Эти процессы объясняются социальной комфортностью проживания в различных по размерам населенных пунктах, а именно наличием и разнообразием рабочих мест,

доступностью социальных услуг, уровнем доходов. Численность сельских жителей, имеющих доходы ниже прожиточного уровня, в 2015 г. составила 7,2 млн чел., а их доля 19,5%, что на 14,3% выше значения предыдущего года. Риск бедности в сельской местности гораздо выше, чем в городской, и он возрастает по мере снижения людности населенного пункта. В табл. 2 приведена динамика индекса риска бедности по сельским населенным пунктам с различной численностью населения. Как видим, в 2015 г. значение индекса риска бедности в мелких сельских населенных пунктах (с численностью населения менее 200 человек) составляло 2,20 и было в 1,6 раза выше, чем в крупных населенных пунктах (с численностью населения свыше 5 тыс. человек). Для сравнения: в городах с численностью населения от 100 тыс. и выше значение этого индекса меньше 1, а при численности более 1 млн составляет 0,47. Это в определяющей степени является фактором миграции сельского населения в города и крупные сельские населенные пункты.

Таблица 2

Индекс риска бедности по сельским населенным пунктам с различной численностью населения [5, с. 164]

Сельские населенные пункты с численностью населения, человек	2010	2011	2012	2013	2014	2015
менее 200	2,60	2,77	3,07	3,29	2,53	2,20
от 200 до 1 тыс.	1,64	1,66	1,59	1,64	1,54	1,48
от 1 тыс. до 5 тыс.	1,48	1,46	1,62	1,52	1,52	1,45
свыше 5 тыс.	1,38	1,36	1,43	1,62	1,42	1,40

Как известно, устойчивое развитие сельских территорий является приоритетной задачей социально-экономического развития России с 2010 г., а с 2013 г. осуществляется в рамках реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 гг. (далее – Госпрограмма). По данным Национального доклада о ходе и результатах реализации Госпрограммы в 2015 г. общие расходы консолидированного бюджета РФ на сельское хозяйство и рыболовство составили 362,4 млрд руб. (против 314,3 млрд руб. в 2014 г. и 262,3 млрд руб. в 2010 г.), их удельный вес в общих расходах бюджетов Российской Федерации равен 1,2%. Соотношение расходов на эти цели федерального бюджета и бюджетов субъектов Российской Федерации в 2015 г. составило соответственно 57,4 и 42,6%. При выделении из федерального бюджета на реализацию Госпрограммы 222,3 млрд руб. на ФЦП «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года» было выделено 12,2 млрд руб. вместо запланированных 14 млрд руб. (87%) или 5,5% от общего объема финансирования за счет средств федерального бюджета. Приведенные цифры наглядно демонстрируют расхождение декларируемых приоритетов по сельскому развитию и фактического положения дел, которое не обеспечивает существенных сдвигов в улучшении качества и уровня жизни сельского населения как базового фактора решения проблемы импортозамещения в продовольственном обеспечении страны [5, 6].

Достижение целей устойчивого развития сельских территорий требует разработки долгосрочных стратегий в каждом субъекте РФ, муниципальном районе, сельском поселении, в основе которых должна лежать оценка имеющихся на территории проблем, резервов и возможностей их решения, тщательного анализа экономической, структурной, экологической и социальной ситуации сельских территорий и объективной оценки потенциала их развития. В основу политики сельского развития должны быть положены следующие принципы: равного доступа сельского населения к социальным услугам в соответствии с социальными стандартами для различных типов населенных пунктов; полного учета природного, демографического, социального, производственного, экологического и финансового потенциала села и возможностей его саморазвития; ответственности органов государственного и муниципального управления за положительные изменения основных индикаторов сельского развития и сокращение дифференциации сельских поселений по ключевым показателям устойчивого развития сельских территорий.

Решение накопившегося комплекса проблем предполагает разработку системы мер по совершенствованию воспроизводственной, кадровой, налоговой, кредитной,

ценовой, инвестиционной, инновационной политики и другим направлениям. Особое значение имеет постановка стратегических целей, главная из которых – улучшение качества жизни сельского населения. Большое значение для разработки и реализации стратегий развития сельских территорий разных типов и уровней имеют следующие факторы: количество сельского населения и уровень его доходов; наличие активно функционирующих организаций АПК; наличие и использование земельных, лесных, водных и минерально-сырьевых ресурсов; состояние и постоянное совершенствование межбюджетных отношений между органами местного самоуправления разных уровней; степень развития сельскохозяйственной потребительской и кредитной кооперации и др.

Следует подчеркнуть, что развитие сельских территорий – это капиталоемкий процесс, требующий постоянной государственной поддержки и крупных инвестиций, особенно в случае разработки и внедрения инновационных стратегических подходов.

Выводы

В продовольственном обеспечении россиян в последние годы происходят положительные сдвиги: по ряду продуктовых групп (мясопродуктам, яйцам) среднедушевое потребление соответствует рациональным нормам, по большинству групп достигнуты пороговые значения продовольственной безопасности за счет импортозамещения. Однако не все проблемы решены, наиболее острая из них – производство молока и молочных продуктов, которая исторически в значительной степени решалась за счет хозяйств населения. Сокращение сельского населения, его старение привело к устойчивой тенденции сокращения поголовья коров, преодолеть которую не удается, несмотря на предпринимаемые меры государственной поддержки отрасли. Это демонстрирует наличие более сложных и многочисленных связей в сельском развитии, не учитываемых в настоящее время государственной аграрной политикой, направленной в основном на рост производства продовольствия и лишь в незначительной мере на социальное развитие села. Необходимо изменить приоритеты государственной поддержки, для чего необходимо в каждом субъекте РФ и большинстве муниципальных образований аграрной и аграрно-индустриальной специализации разработать и принять стратегии устойчивого развития сельских территорий.

Список литературы

1. Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации / Под общей редакцией В.Д. Кривова // Аналитический вестник Совета Федерации РФ. – 2016. – № 39 (638) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.council.gov.ru (дата обращения: 25.10.2017).

2. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2015 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.msx.ru (дата обращения: 25.10.2017).

3. Загашвили В.С. Продовольственная безопасность России в условиях ухудшения отношений с ЕС // Российский внешнеэкономический вестник. – 2015. – № 8. – С. 46–59.

4. Полушкина Т.М. Сельское развитие России в условиях новых глобальных вызовов и угроз // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2–3. – С. 609–613.

5. О состоянии сельских территорий в Российской Федерации в 2015 году. Ежегодный доклад по результатам мониторинга: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017, вып. 3. – 352 с.

6. Полушкина Т.М. Обеспечение продовольственной безопасности России в условиях новых вызовов и угроз // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2015. – № 41(326). – С. 48–57.

УДК 332:331.5

ДЕТЕРМИНАНТЫ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ И РЫНКА ТРУДА РЕГИОНА

Кутаев Ш.К.

Институт социально-экономических исследований Дагестанского научного центра РАН, Дагестанский государственный университет народного хозяйства, Махачкала, e-mail: kutaev.sh@mail.ru

Рынок труда выступает интегрированной частью общехозяйственной системы и является важнейшим инструментом для решения экономических задач, с одной стороны, с другой, показатели и характеристики рынка труда представляют собой важнейшие социальные индикаторы, по которым можно судить о национальном благополучии, стабильности, устойчивости экономических преобразований, а также эффективности государственной политики по регулированию процессов, происходящих на нем. Характерными чертами функционирования экономики и рынка труда региона (Республики Дагестан) являются высокая бюджетная зависимость, отсталость большинства отраслей народного хозяйства от среднероссийских значений, несоответствие спроса на рабочую силу и ее предложения, дисбаланс в сфере подготовки профессиональных кадров, их несоответствие нуждам реального сектора экономики, недостаточность государственного регулирования данной сферы и т.д.

Ключевые слова: рынок труда, регион, экономика региона, развитие

DETERMINANTS OF THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF ECONOMICS AND THE LABOR MARKET OF THE REGION

Kutaev Sh.K.

Institute of Social and economic research Dagestan scientific center, Russian academy of sciences, Dagestan State University of National Economy, Makhachkala, e-mail: kutaev.sh@mail.ru

The labor market is an integrated part of the general economic system and is the most important tool for solving economic problems, on the one hand, on the other hand, indicators and characteristics of the labor market represent the most important social indicators by which one can judge national prosperity, stability, stability of economic transformations, and also the effectiveness of state policy on regulating the processes occurring on it. The characteristic features of the functioning of the economy and the labor market of the region (the Republic of Dagestan) are high budgetary dependence, the backwardness of most sectors of the national economy from the average Russian values, the discrepancy between the demand for labor and its supply, the imbalance in the training of professional personnel, their inadequacy to the needs of the real sector of the economy, state regulation of this sphere and so on.

Keywords: labor market, region, regional economy, development

Целью настоящего исследования является рассмотрение вопросов, касающихся определения главных направлений, способствующих формированию и эффективному функционированию рынка труда и экономики региона.

Новизна исследования

Предложены меры, направленные на развитие региональной экономической системы и способствующие снижению напряженности на рынке труда и подъему экономики региона в целом.

Материалы и методы исследования

Использованы актуальные материалы, относительно направления исследования. В процессе исследования использовались методы: аналитический, сопоставления, научной абстракции.

В РФ наблюдается существенная дифференциация между регионами по уровню социально-экономического развития. Важнейшая задача, которую необходимо решить государству, – это решение проблем развития экономики и снижения уровня безработицы в Северо-Кавказском регионе. В республиках СКФО экономика во многом находится в тяжелом, зависимом от федеральных финансовых вливаний состоянии, и темпы создания новых рабочих мест гораздо ниже темпов воспроизводства населения.

Результаты исследования и их обсуждение

В современных условиях российская экономика и рынок труда демонстрируют негативные тенденции своего развития, поскольку на них воздействуют санкционный режим со стороны зарубежных стран, кризисность и застой в развитии некоторых отечественных отраслей народного хозяйства.

На региональном уровне это выражается в виде роста безработицы, возникновении трудодефицитных и трудоизбыточных территорий. В этой связи возникает необходимость в исследовании процессов, происходящих на региональном рынке труда, выявлении основных проблем и поиске решений, способных улучшить ситуацию в данной сфере.

Миграционный прирост (убыль) в Республике Дагестан

	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Миграционная убыль, чел.	–4518	–6065	–10044	–21529	–23958	–21500	–13944	–13390

Источник: Дагестан в цифрах, 2016. Краткий статистический сборник. – Махачкала, 2016.

Тенденции, наблюдаемые в экономической системе региона, позволяют нам очертить круг направлений, которые необходимо реализовать:

Развитие трудовой мобильности граждан и эффективное регулирование миграционных потоков

Миграционная убыль населения из Республики Дагестан за последние 5 лет в среднем составляет 16,5 тыс. человек (таблица).

На наш взгляд, реальный масштаб миграции населения из региона кратно превышает официальные цифры, поскольку не все выехавшие граждане республики регистрируются по новому месту жительства.

Надо отметить, что, как считают специалисты в данной области, межрегиональная миграция имеет положительное значение для региональных рынков труда, поскольку обеспечивает временное или постоянное перераспределение рабочей силы, снимая напряженность на трудоизбыточных рынках труда [1, с. 31–42].

В то же время при реализации различных направлений миграционной политики важно учесть мнение Л.И. Алонкиной о том, что привлечение мигрантов в условиях нерешенных миграционных проблем, структурных перекосов, нестабильно функционирующих региональных и в целом национального рынка труда может усугубить положение и усилить дисбаланс на данном рынке [2].

Здесь необходимо использовать селективный подход к реализации миграционной политики, т.е. избирательное привлечение мигрантов (специалистов по уникальным или редким профессиям, инвесторов и т.д.), особенно в регионах, испытывающих избыток трудовых ресурсов. Необходимо принять на региональном уровне Программу развития трудовой мобильности населения, чтоб данный процесс не происходил хаотично, а учитывал и интересы государства.

Эффективное регулирование миграционными процессами является важным фактором снятия напряженности на региональном рынке труда и перелива трудовых ресурсов из одних территорий – трудоизбыточных в другие – трудодефицитные.

Всесторонне содействие в развитии малого предпринимательства

Малое предпринимательство играет очень важную роль в снижении безработицы и улучшении ситуации в экономике и на рынке труда, поскольку данная сфера нуждается в большом количестве рабочей силы из-за своей специфики, нежели крупное современное производство, где все процессы автоматизированы.

О роли и значении малого предпринимательства в развитии экономики, рынка труда и увеличении занятости населения проведено множество исследований [3–5] и опубликовано большое количество научных трудов [6; 7] отечественными и зарубежными специалистами.

Приведение системы подготовки кадров в соответствие с реальной и перспективной потребностью экономики в специалистах различного уровня и квалификации

Развитие человеческих ресурсов и формирование человеческого капитала, подготовка кадров необходимой квалификации – это те направления, которые сегодня имеют ключевое значение для экономического роста страны. Сегодня экономика формирует новые повышенные требования к качеству рабочей силы, такие как профессионализм, мобильность, образование, квалификация.

Одним из важнейших механизмов решения проблемы формирования баланса на рынке труда между спросом и предложением рабочей силы является взаимодействие системы профобразования с рынком труда. Последние решения Министерства образования и науки РФ направлены на реализацию мер по формированию соответствия востребованных специальностей и подготовки по ним специалистов учреждениями образования (формирование профессиональных стандартов по направлениям подготовки, федеральных государственных образовательных стандартов и т.д.). Сегодня на рынке труда регионов и РФ в целом наблюдается недостаток специалистов производственно-технических профессий с высшим и среднетехническим образованием. В то же время наблюдается предложение рабочей силы, получившей образование по общественным и гуманитарным профессиям (юристы, управленцы, экономисты и др.).

Ситуация, при которой есть избыток подготовленных специалистов по одним профессиям, в то время как ощущается дефицит в других, показывает отсутствие

в стране и регионе налаженной системы координации между образовательными учреждениями, в сфере подготовки кадров, а также между работодателями и государственными органами службы занятости населения. Также это свидетельство того, что в регионе неэффективно реализуются меры по профориентации молодежи. Возникшее несоответствие на рынке труда между предложением трудовых ресурсов и спроса на него относительно профессионально-квалификационных характеристик граждан усиливает отраслевой кадровый дисбаланс и актуализирует разработку и реализацию эффективных инструментов по нивелированию этого несоответствия.

Для того, чтобы привести систему подготовки кадров в соответствие с реальной и перспективной потребностью экономики в специалистах различного уровня и квалификации, необходимо прежде осуществить комплексное исследование (мониторинг) состояния отраслей экономики региона и составить баланс трудовых ресурсов. Необходимо количественно определить, сколько и в какие отрасли народного хозяйства подготавливать специалистов. В настоящее время в регионе сложилась такая ситуация, когда при имеющейся трудоизбыточности экономика испытывает дефицит специалистов по техническим и другим профессиям. На наш взгляд, приведение в соответствие с потребностями работодателей системы подготовки кадров – это важная и стратегически значимая задача, для решения которой необходимо приложить много усилий государству, хозяйствующим субъектам и обществу.

Исследования, проведенные российскими специалистами, показали, что невостребованность выпускников вузов на рынках труда, их неудовлетворённость своим материальным положением и статусом в обществе может спровоцировать их девиантное поведение и привести к крупным социально-политическим взрывам [8, с. 59].

Сложившаяся ситуация в сфере подготовки кадров, не востребованных на рынке труда, будет препятствовать модернизации российской экономики, реализации политики импортозащения, которая крайне необходима нашему государству учитывая санкционное давление на РФ и нехватку финансовых ресурсов.

Система подготовки профессиональных кадров должна быть гибкой и чутко реагировать на изменения спроса и предложения на рынке труда. Система подготовки кадров должна стать мощной движущей силой экономики. Ведь рынок образовательно-квалификационных услуг, по мнению В.И. Чернецовой, должен выполнять роль инфраструктурного элемента рынка труда [9, с. 28–35].

Отмеченное выше свидетельствует о том, что необходимо с инерционного пути в плане подготовки кадров, которые не востребованы, переходить к инновационному. Реализация данного направления позволит создать условия для формирования баланса между спросом и предложением по профессионально-квалификационному признаку, а также стабилизации ситуации на региональном рынке труда.

Также представляется весьма важным направлением усиление профориентационной работы с молодежью, прежде всего учениками старших классов школ и их родителями, чтобы изменить их взгляды на престижность либо непрестижность профессий.

Профессиональная ориентация и подготовка должна вестись на основе регулярного мониторинга рынка труда в профессионально-квалификационном разрезе и прогнозировании спроса на работников определённых профессий.

Важно отметить, что одним из наиболее важных условий социализации выпускников учреждений образования является их участие в трудовых процессах, т.е. их трудоустройстве.

Развитие инфраструктуры регионального рынка труда

Под инфраструктурой рынка труда следует понимать государственные учреждения, негосударственные структуры содействия занятости, кадровые службы предприятий и фирм, общественные организации и фонды и др., обеспечивающие наиболее эффективное взаимодействие между спросом и предложением на рынке труда [10, с. 38].

В Республике Дагестан инфраструктура рынка труда сформирована, как правило, из государственной службы занятости населения, тогда как в других регионах получили весьма широкое распространение негосударственные структуры содействия занятости со своими интернет-сайтами и печатными изданиями (кадровые агентства, агентства по подбору персонала и т.д.). Справедливости ради следует сказать, что в республике есть небольшое количество данных структур, но их деятельность никоим образом не влияет на качественные характеристики регионального рынка труда, поскольку количество трудоустроенных ими незанятых граждан невелико. Специализация таких структур в основном сводится к подбору нянечек для ухода за детьми и работников по дому.

В целях эффективного функционирования инфраструктуры регионального рынка труда Правительству РД необходимо усилить работу с работодателями и призвать их к соблюдению «Закона о занятости в РФ», в соответствии с которым каждый работодатель ежемесячно обязан предоставлять в органы занятости информацию об имеющихся на предприятии вакансиях.

Формирование хорошо налаженной инфраструктуры рынка труда является одним из актуальных направлений в процессе стабилизации социально-экономической ситуации в трудоизбыточных регионах страны.

Формирование условий для привлечения инвестиций в экономику региона

Кризисное положение региональной экономики указывает на то, что необходимы новые решения в области формирования экономического подъема республики: способствование формированию благоприятного инвестиционного климата для привлечения внешних финансовых ресурсов и создание условий для эффективного использования внутренних инвестиций.

Важность актуализации данной проблемы обусловлена тем положением, которое занимает республика в рейтинге инвестиционного риска, составленном Рейтинговым агентством Эксперт РА, где Республика Дагестан занимает последнее – 85 место в РФ. Рейтинговым агентством Эксперт РА региону определен статус «Пониженный потенциал – высокий риск» [11].

Исходя из того положения, которое занимает регион по критериям «инвестиционный риск», «инвестиционный климат» и «инвестиционный потенциал», ситуацию в республике можно охарактеризовать как критическую.

Для региона необходимо, с учетом специфики республики, применение эффективных мер по улучшению инвестиционной ситуации, направленных на нивелирование препятствующих инвестиционной активности факторов и формирование благоприятного климата привлечения инвестиций: использование резервов, имеющихся в реальном секторе экономики; способствование вывода региональной экономики из теневого сектора; осуществление структурных и институциональных преобразований; эффективное управление госсобственностью; совершенствование деятельности предприятий на основе применения современного менеджмента управления; создание особой экономической зоны и зон приграничной торговли; обновление промышленного потенциала предприятий на основе привлечения инвестиционных источников; развитие межрегиональных экономических связей субъектов, входящих в Северо-Кавказский макрорегион.

Интеграционная активность жителей республик Северного Кавказа, по мнению специалистов, может стать весомым фактором стабилизации ситуации в регионе [1, с. 31–42].

В целях развития инвестиционных процессов в республике важно наладить прямую поддержку экономически значимых проектов и эффективную систему государственных гарантий инвестиций.

Заключение

Реализация приведенных направлений позволит создать условия нормального функционирования региональной экономики и рынка труда, заключающиеся в улучшении экономических (увеличение ВРП, налогооблагаемой базы, инвестиций в основной капитал) и социальных (снижение напряженности в социально-трудовой сфере, безработицы, приведение в соответствие спроса и предложения на рынке труда) показателей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-02-00357а.

Список литературы

1. Рязанцев С.В., Письменная Е.Е. Безработица и новые формы занятости населения на Северном Кавказе // Социологические исследования. – 2005. – № 7. – С. 31–42.

2. Алонкина Л.И. Миграция: тенденции и последствия // Актуальные проблемы развития внешнеэкономических связей в условиях глобализации: Сб. материалов II Межд. науч.-практ. конф. – Орел, 2008. – 231 с.

3. Абдулаева З.З. Развитие малого предпринимательства и занятости населения в приоритетных отраслях экономики субъектов СКФО // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2016. – № 1 (63). – С. 124–130.

4. Кутаева Р.А. Направления в развитии региональной экономики и занятости населения // Вопросы структуризации экономики. – 2010. – № 2. – С. 276–278.

5. Гордеев О.И., Дандамаева Р.Г. Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов, основные положения функционирования системы экономического роста в народном хозяйстве региона // Апробация. – 2016. – № 4. – С. 136–139.

6. Сагидов А.К. Роль государства в формировании экономики инновационного типа // Вопросы структуризации экономики. – 2011. – № 2. – С. 23–27.

7. Дохолян С.В., Петросянц В.З. Предпосылки развития региональной конкурентоспособности // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2007. – № 1. – С. 46–50.

8. Кашепов А.В. Рынок труда: регулирование, прогнозы // Экономист. – 1993. – № 3. – С. 59.

9. Чернецова В.И. Итоги 2014 года на рынке труда: анализ и прогнозы // Вопросы экономики. – 2015. – № 1. – С. 28–35.

10. Адамчук В.В., Ромашов О.В., Сорокина М.Е. Экономика и социология труда: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ, 1999. – С. 38.

11. Рейтинговое агентство Эксперт РА. URL: http://raexpert.ru/rankingtable/region_climat/2016/tab02.

УДК 338.43:658.14/.17

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ ДОСТИЖЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

[1]Лаптев С.В., [2]Филина Ф.В.

[1]Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва, e-mail: laptev5552@mail.ru;
[2]Московский государственный гуманитарно-экономический университет, Москва, e-mail: filinafv5552@mail.ru

В статье выявляются основные факторы низкого уровня финансовой обеспеченности условий воспроизводства аграрных организаций в России, исследуется действие этих факторов и их влияние на распределение валовой добавленной стоимости внутри АПК и динамику рентабельности аграрных предприятий. Делается вывод о наличии устойчивого стратегического равновесия в АПК, при котором постоянно воспроизводятся условия неэквивалентного и неравноправного межотраслевого обмена в АПК и возрастают потребности в прямой финансовой поддержке государством организаций сельского хозяйства. Обосновывается тезис о возможности достижения качественно иного устойчивого стратегического равновесия в АПК, по мере формирования которого потребности сельского хозяйства в прямом государственном финансировании будут сокращаться, доля ВДС, приходящаяся на сельское хозяйство, и рентабельность аграрных организаций – увеличиваться. Обосновывается, что повышение межотраслевой конкурентоспособности организаций сельского хозяйства является ключевым условием формирования такого равновесия. Выявляются прочие условия и пути формирования этого равновесия.

Ключевые слова: конкурентоспособность, финансовая обеспеченность, аграрные организации, стратегическое равновесие, рентабельность

IMPROVING COMPETITIVENESS AS A TOOL TO ACHIEVE THE FINANCIAL SECURITY OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

[1]Laptev S.V., [2]Filina F.V.

[1]Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: laptev5552@mail.ru;
[2]Moscow State University of Humanities and Economics, Moscow, e-mail: filinafv5552@mail.ru

In the article the main factors for the low level of financial security conditions for the reproduction of agricultural organizations in Russia are identified, the effect of these factors and their influence on the distribution of gross value added within the agricultural sector and the dynamics of profitability of agricultural enterprises is investigated. The conclusion about the existence of a stable strategic balance in agriculture, where the conditions of inequivalent and unequal interbranch exchange in the agro industrial complex are constantly being reproduced and the need for direct financial support of the state by agricultural organizations are increasing, is made. The thesis of the possibility of achieving a qualitatively different stable strategic equilibrium in the agro industrial complex, in which the requirements of agriculture in direct state financing will be reduced, the share of gross added value attributable to agriculture and the profitability of agricultural organizations will increase, is justified. The authors substantiated that the increase in the interbranch competitiveness of agricultural organizations is a key condition for the formation of such equilibrium. The other conditions and ways of forming this equilibrium are revealed.

Keywords: competitiveness, financial security, agricultural organizations, strategic equilibrium, profitability

Финансовая обеспеченность сельскохозяйственных организаций выражается в их способности профинансировать свои текущие затраты и расходы, связанные с развитием их производственного потенциала и социальной сферы. В статье ставится задача проанализировать динамику финансовой обеспеченности аграрных организаций, лежащие в ее основе факторы и сделать выводы о необходимости корректировки роли государства в поддержании финансовой обеспеченности аграрных предприятий. Именно спонтанно формирующийся уровень финансовой обеспеченности аграрных предприятий определяет в конце концов характер и меру их государственной финансовой поддержки.

Финансовая обеспеченность организаций той или иной сферы или вида экономической деятельности зависит от уровня их доходности. Средний же уровень доходности организаций той или иной сферы или вида экономической деятельности зависит от их позиций в межотраслевой конкуренции, которые выражаются в способности организаций этой сферы деятельности влиять на распределение валовой добавленной стоимости (ВДС) между организациями единой цепочки создания стоимости готового к потреблению продукта или услуги. Если бы позиции в межотраслевой конкуренции у организаций разных видов экономической деятельности были одинаковы, они получали бы в среднем одинаковую норму прибыли на вложенный

капитал с учетом различий фактора риска и примерно одинаковую величину ВДС в расчете на одного занятого (при небольших различиях в уровне капиталовооруженности разных видов деятельности). Если организации конкретной сферы (вида) экономической деятельности имеют более низкие, чем у организаций других сфер деятельности, показатели прибыльности вложенного капитала, это говорит о том, что конкурентные позиции организаций анализируемой сферы деятельности ниже, чем у большинства организаций других сфер деятельности. Если доля организаций данной сферы экономической деятельности в добавленной стоимости конечного продукта растет, это свидетельствует о постепенном улучшении позиций организаций этой сферы в межотраслевой конкуренции, и наоборот.

Результат неравномерного распределения доходов между сельским хозяйством и смежными с ним отраслями экономики можно видеть в табл. 1. В качестве показателя распределения взята «валовая добавленная стоимость в расчете на одного занятого», поскольку она свободна от влияния факторов неравномерности налогообложения организаций разных отраслей экономики и факторов субсидирования цен или отдельных видов расходов в некоторых сферах экономической деятельности. Для оценки способности организаций того или иного вида экономической деятельности влиять на распределение добавленной стоимости между видами экономической деятельности показатель взят по отношению к среднему его значению по экономике, принятому за 100%. Если показатель по анализируемому виду экономической деятельности ниже 100%, это свидетельствует о том, что уровень межотраслевой конкурентоспособности данного вида деятельности ниже среднего, что организации смежных видов экономической деятельности перераспределяют в свою пользу часть созданной данным видом экономической деятельности добавленной стоимости. Чем ниже рассматриваемый показатель, тем слабее позиции оцениваемого вида деятельности в межотраслевой конкуренции, и наоборот. Рассмотрим динамику показателя за период 1992–2015 гг., то есть за период с начала рыночных преобразований в нашей стране по настоящее время.

Как видно по данным таблицы, в динамическом ряде прослеживаются две тенденции. Первая: с 1992 по 2010 г. – снижение уровня показателя «валовая добавленная стоимость в расчете на одного работника в сельском хозяйстве по отношению к среднему значению по экономике». Вторая – частичное (но неполное) восстановление значения показателя по отношению к его средней величине по экономике за 2010–2015 гг. Чтобы объяснить эти тенденции, необходимо сначала определить, под влиянием каких основных факторов находится данный показатель. Можно предположить с достаточной степенью уверенности, что основные факторы, влияющие на распределение ВДС внутри АПК, а также между сельским хозяйством и иными смежными с ним сферами экономики следующие:

1) сравнительная конкурентоспособность сельского хозяйства, то есть его способность влиять на цены и пропорции обмена продуктами и услугами со смежными сферами экономической деятельности;

2) последовательность и степень успешности политики государственной поддержки сельского хозяйства, направленной на увеличение спроса на продовольствие и ограничение способности смежных с сельским хозяйством сфер экономической деятельности перераспределять в свою пользу часть первичных доходов, созданных в сельском хозяйстве;

3) конъюнктура внутренних рынков сельскохозяйственной продукции, то есть соотношение внутреннего спроса и предложения сельскохозяйственной продукции;

4) объем и структура импорта и экспорта продовольствия, их влияние на совокупный спрос и предложение продовольствия, а также влияние государства на соотношение экспорта и импорта сельскохозяйственной продукции.

Чем ниже межотраслевая конкурентоспособность сферы экономической деятельности, тем выше при прочих равных условиях должен быть уровень финансовой поддержки государства для достижения нормальной финансовой обеспеченности организаций этой сферы деятельности. И наоборот, повышение межотраслевой конкурентоспособности позволяет уменьшить уровень финансовой поддержки государства. Увеличение внутреннего спроса по отношению к предложению и увеличение экспорта по отношению к импорту способствуют увеличению доли соответствующей сферы экономической деятельности в совокупной добавленной стоимости конечной продукции, и наоборот.

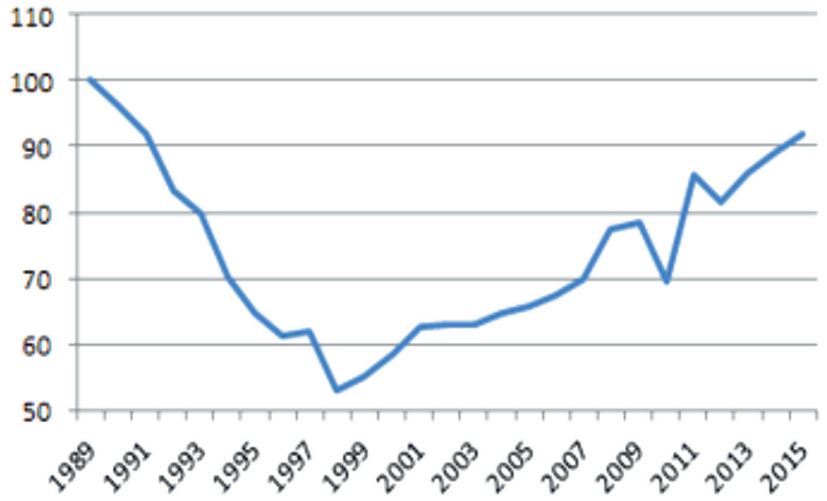
Эти простые соображения позволяют объяснять изменения позиций сельского хозяйства в межотраслевой конкуренции и определить подход к оценке влияния факторов на эти изменения, а также к оценке целесообразности и эффективности сложившихся форм финансовой поддержки государством аграрных организаций.

Таблица 1

Валовая добавленная стоимость в расчете на одного занятого в сельском хозяйстве за 1992–2015 гг. в %, по отношению к среднему значению по экономике

	1992	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015
Валовая добавленная стоимость в расчете на одного занятого в сельском хозяйстве в % по отношению к среднему значению показателя по экономике в %	65,0	61,0	49,3	41,55	36,75	38,29	41,0	53,8
Валовая добавленная стоимость на одного занятого в среднем по экономике в %	100	100	100	100	100	100	100	100

Источник: данные Росстата [1–3]. Составлено авторами.



Динамика объема продукции сельского хозяйства в России, в % от уровня 1989 г. Источник: Экономика России. Цифры и факты. Электронный сайт [4]

При этом конъюнктура рынка отечественного продовольствия, особенно когда предложение продовольствия незначительно отклоняется от его средних значений, как правило, не оказывает существенного влияния на общее состояние продовольственного рынка, поскольку нехватка продовольствия в стране компенсируется расширением его импорта, а относительный избыток продовольствия – увеличением его экспорта. К тому же смежники сельского хозяйства, будучи всегда в состоянии более активно, чем сами сельскохозяйственные производители, влиять на цены и пропорции межотраслевого обмена, в большинстве случаев используют колебания конъюнктуры для укрепления своих рыночных позиций.

Итак, рассмотрим более подробно первую тенденцию – к понижению величины ВДС на одного занятого в сельском хозяйстве по отношению к среднему по экономике значению этого показателя. На основании данных табл. 1 можно сделать вывод о том, что с 1992 по 2010 г. наблюдалась достаточно плавная тенденция (без перемены направленности изменения анализируемого показателя) уменьшения величины валовой добавленной стоимости, произведенной в сельском хозяйстве в расчете на одного занятого, по отношению к среднему значению этого показателя по экономике. Как можно объяснить эту тенденцию?

Рассмотрим, как в 1989–2015 гг. складывалась динамика изменения объемов производства валовой продукции самого сельского хозяйства.

Мы видим (рисунок), что пик падения объема продукции сельского хозяйства приходится на 1999–2000 гг. Параллельно времени вхождения России в рыночную экономику с 1991–1992 гг. резко падает доля сельского хозяйства в ВПП и соответственно в ВДС страны. Падение внутреннего производства компенсируется импортом

продовольствия. Именно с конца 1990-х – начала 2000-х гг. осуществляется быстрое наращивание доли импорта в потреблении продовольствия населением России. Уже в 2000 г. размеры чистого импорта продовольствия (см. табл. 2) становятся значительными – 6,5 млрд. долл. Рост чистого импорта в условиях падения внутреннего производства продовольствия не позволяет аграриям использовать благоприятную для них конъюнктуру внутреннего продовольственного рынка для обеспечения опережающего инфляцию темпа роста цен производителей и на этой основе увеличения показателя ВДС на одного занятого в сельском хозяйстве относительно его среднего значения по всей экономике.

Можно утверждать, что падение показателя «валовая добавленная стоимость в расчете на одного занятого» (взятая в % по отношению к средней по экономике величине) в значительной, но не в полной мере, определяется сокращением аграрного производства. За 1992–2000 гг. аграрное производство сократилось примерно на 41,2 %, а показатель «ВДС в расчете на одного занятого» в сельском хозяйстве в % по отношению к средней по экономике величине – сократился примерно только на 25 %. Тот факт, что показатель ВДС на одного занятого в сельском хозяйстве сократился в меньшей пропорции, чем объем производства валовой продукции, можно объяснить тем, что в этот период макроэкономические показатели объемов производства ВВП в целом для страны тоже снизились.

Общая тенденция сокращения показателя «валовая добавленная стоимость в расчете на одного занятого и по отношению к средней величине ВДС на одного занятого по экономике» в 1992–2000 гг. складывается под влиянием сокращения аграрного производства и роста доли импорта продовольствия в его внутреннем потреблении. Исходное значение этого показателя в сельском хозяйстве в 1992 г. на уровне 62 % было существенно ниже среднего значения по экономике, что объясняется слабостью позиций сельского хозяйства в межотраслевом обмене внутри АПК. В период СССР административное регулирование цен сдерживало, но не предотвращало перераспределение доходов внутри АПК, а также в межотраслевом обмене АПК с другими сферами экономической деятельности под влиянием неодинаковых возможностей участников межотраслевого обмена влиять на цены и пропорции этого обмена. Отказ от планирования и либерализация цен начала 1990-х гг. ускорили и усилили действие механизма межотраслевого перераспределения доходов. А так как степень монополизации отраслей, обслуживающих сельское хозяйство, поставляющих ему средства производства, перерабатывающих и реализующих его продукцию в новых экономических условиях, оказалась очень высокой, во времени это только усиливало неравномерность и несправедливость межотраслевого обмена в силу отсутствия реальных противовесов монопольному диктату смежников. Можно сделать вывод о том, что за указанный период смежные с сельским хозяйством сферы, виды экономической деятельности наращивали свою способность влиять на распределение доходов в обмене с сельским хозяйством. Антимонопольное же регулирование государства не было достаточно эффективным в этот период и не смогло приостановить тенденцию вывода и последующего перераспределения растущей доли создаваемой ВДС из сельского хозяйства в смежные сферы экономической деятельности. Поэтому конечное значение показателя «ВДС на одного занятого в процентах от среднего значения этого показателя по экономике» в 2000 г. для анализируемого интервала времени (1992–2000 гг.) уменьшилось до 49,3 %.

Таблица 2

Соотношение экспорта и импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в России в фактических ценах, в млрд долл. США

Показатели	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Экспорт продовольственных товаров и аграрного сырья, млрд долл.	0,9	2,3	6,0	9,2	12,5	11,3	13,8	12,0
Импорт продовольственных товаров и аграрного сырья, млрд долл.	7,4	17,4	36,4	42,5	40,7	43,3	39,9	26,5
Чистый импорт продовольственных товаров и аграрного сырья, млрд долл.	6,5	15,1	30,4	33,3	28,2	30,0	26,1	13,5

Источник: данные Росстата [5, с. 517–518], расчеты авторов.

В 2001–2005 гг. аграрное производство стабилизировалось, даже несколько выросло, среднегодовые темпы прироста в реальном выражении составили 2,3 % [6]. Соотношение экспорта и импорта продовольственных товаров за этот период заметно изменилось, чистый импорт вырос в 2,3 раза. Наращивание чистого импорта активно использовалось торговыми посредниками и переработчиками аграрной продукции в межотраслевой конкуренции для сдерживания роста цен на сельскохозяйственное сырье. Ухудшение позиций сельского хозяйства в межотраслевой конкуренции формировалось и под влиянием опережающего роста цен на топливо, электроэнергию, минеральные удобрения, сельскохозяйственную технику.

Дальнейшее существенное падение за 2005–2010 гг. показателя ВДС на одного занятого в сельском хозяйстве, выраженное в процентах по отношению к среднему значению этого показателя по экономике с 49,3 до 41,55 %, можно объяснить уже существенным ухудшением позиций сельского хозяйства в межотраслевой конкуренции.

Соотношение экспорта и импорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья за рассматриваемый период изменилось уже очень существенно (табл. 3). За 5 лет – с 2005 по 2010 гг. – чистый импорт вырос еще вдвое, превратившись в реальную угрозу продовольственной безопасности страны. Активное субсидирование экспорта продовольствия экономически развитыми странами поставило Россию, сельскохозяйственный экспорт которой не субсидируется, в явно неравные условия.

Сложившуюся негативную тенденцию приостановили последствия «войны санкций», приведшие к ограничению импорта продовольствия и развитию отечественного сельского хозяйства. В 2014–2015 гг. темпы роста отечественного сельского хозяйства заметно увеличились (см. рисунок). В 2015 г. по сравнению с 2010 г. импорт продовольствия и сельскохозяйственного сырья сократился на 27 %, экспорт увеличился вдвое, чистый импорт сократился в 2,25 раза. Позиции сельского хозяйства в межотраслевой конкуренции несколько улучшились, показатель ВДС на одного занятого по отношению средней по экономике величине частично восстановился, достигнув 53,8 %.

Мы видим, что, несмотря на то, что в разные периоды времени конъюнктура внутреннего рынка, соотношение экспорта и импорта продовольствия складывались по-разному, позиции сельского хозяйства в межотраслевой конкуренции попеременно то ухудшались, то улучшались, но при этом они всегда оставались ниже среднего значения по экономике. За относительно длительный период уровень показателя ВДС на одного занятого (выраженного в процентах по отношению к среднему значению по экономике) в конце концов определялся силой позиций этой отрасли в межотраслевой конкуренции.

Анализируемый показатель может быть индикатором этой силы, но сама по себе сила позиций отрасли в межотраслевой конкуренции определяется следующими факторами:

– степенью концентрации деятельности и долей на соответствующем рынке товаров либо ресурсов;

– хозяйственной гибкостью организаций отрасли, то есть их способностью находить и реализовывать альтернативно возможные решения в сфере рыночных трансакций;

– скоростью оборота капитала и способностью организаций отрасли мобилизовывать ликвидные средства для реализации приемлемых альтернатив бизнеса;

– величиной транзакционных издержек, необходимых для осуществления наилучших и альтернативно возможных сделок. У организаций разных отраслей эти издержки могут существенно различаться;

– наличием, полнотой информационной базы и величиной затрат на поиск информации и оценку возможных альтернатив заключения рыночных сделок.

Конкретный анализ позиций аграрной отрасли в межотраслевой конкуренции является самостоятельной задачей и выходит за рамки данной статьи. Он позволяет оценить конкурентоспособность отрасли в той или иной экономической ситуации, определить состав необходимых условий и путей повышения конкурентоспособности. Однако характер изменений индикатора межотраслевой конкурентоспособности сельского хозяйства также несет в себе важную экономическую информацию.

Показатель ВДС на одного занятого в сельском хозяйстве, выраженный в процентах по отношению к среднему значению ВДС на одного занятого в экономике страны, за 24 года наблюдений ни разу даже близко не приближался к 100 %, в отличие от некоторых других отраслей (см. табл. 3), в которых и за более короткий промежуток времени, например 2005–2013 гг., он существенно превышал средние значения (добывающие отрасли, операции с недвижимым имуществом) либо колебался вокруг средних значений (обрабатывающие отрасли).

Таблица 3

Валовая добавленная стоимость в отдельных сферах экономической деятельности в расчете на одного занятого, тыс. руб.

Сферы экономической деятельности	2005	2010	2013
1	2	3	4
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	115,39	219,19	320,80
В% к средней величине по экономике	41,55	36,75	38,29
Добыча полезных ископаемых	1839,82	3645,93	5482,72
В% к средней величине по экономике	664,1	611,2	654,3
Обрабатывающие производства	281,33	578,4	853,34
В% к средней величине по экономике	101,3	96,97	101,84
Строительство	81,99	479,3	699,29
В% к средней величине по экономике	29,5	80,35	83,45
Транспорт и связь	360,51	686,37	940,77
В% к средней величине по экономике	129,82	115,07	112,27
Финансовая деятельность	2050,30	1582,08	2175,20
В% к средней величине по экономике	738,31	265,23	259,60
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	367,23	912,08	1179,70
В% к средней величине по экономике	132,23	152,90	140,79
Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования	327,09	664,37	796,86
В% к средней величине по экономике	117,79	111,38	95,1
Государственное управление и обеспечение военной безопасности	284,85	621,26	1022,47
В% к средней величине по экономике	102,57	104,15	122,02
В среднем по экономике	277,70	596,49	837,92

Источник: данные Росстата [3], расчеты авторов.

Очевидно потому, что указанные отрасли могут самостоятельно поддерживать свою конкурентоспособность, а сельское хозяйство без поддержки государства самостоятельно эту задачу решать не может. Сельское хозяйство проигрывает многим другим отраслям и по показателям концентрации деятельности, и по характеристикам гибкости хозяйственной деятельности, и по величине транзакционных издержек даже при заключении одних и тех же сделок (с позиции их контрагентов), и по характеристикам оборачиваемости и ликвидности активов и по информационной обеспеченности бизнеса, и по количеству возможных альтернатив заключения приемлемых сделок. Для того чтобы усилить конкурентные позиции организаций сельского хозяйства, необходимо системное воздействие на основные факторы, от которых зависит конкурентоспособность организации. В настоящее время состояние этих факторов таково, что конкурентоспособность сельского хозяйства оказывается ниже, чем у большинства предприятий других отраслей (видов экономической деятельности).

Именно поэтому у сельского хозяйства даже несмотря на наличие благоприятной рыночной конъюнктуры показатель «ВДС на одного занятого» значительно ниже среднего по экономике, а доля сельского хозяйства в совокупной ВДС существенно ниже доли сельского хозяйства в общей численности занятых.

Рассмотрим теперь, в какой мере государство мерами прямой финансовой поддержки способно приостановить или замедлить спонтанно складывающуюся тенденцию к падению показателя ВДС на одного занятого относительно большинства других видов экономической деятельности. Возьмем для оценки наиболее характерный период последнего времени – 2007–2013 гг., когда государство активно поддерживало сельское хозяйство, а фактор значительного улучшения конъюнктуры рынков сельскохозяйственного сырья вследствие введения санкций себя еще не проявил.

Общий уровень финансовой поддержки государства (табл. 4) за указанный период заметно варьирует. Просматривается стремление государства увеличить размеры финансовой поддержки в период понижения рентабельности деятельности без учета субсидий и уменьшить размеры субсидий в период повышения рентабельности.

На это стремление накладываются ограниченные финансовые возможности государства: когда в силу общей экономической ситуации доходы государства снижаются, размеры помощи также уменьшаются, хотя бы при этом потребности в поддержке возрастали, и наоборот, в благоприятные для всей экономики периоды размеры финансовой помощи сельскому хозяйству могут расти несообразно динамике внутренней рентабельности. Поэтому, например, в 2012 г. размеры финансовой поддержки растут по сравнению с предыдущим годом и несообразно уменьшению собственной, внутренней рентабельности организации. В 2009 г. уровень финансовой поддержки государства снижается по сравнению с предыдущим годом, несмотря на то, что при этом внутренняя рентабельность организаций резко снижается и становится отрицательной. Получается, что государственная поддержка не сглаживает существенных колебаний итогового показателя рентабельности (с учетом субсидий). При этом очевидно неуклонное снижение показателя ВДС в расчете на одного занятого (по отношению к среднему значению аналогичного показателя для всей экономики). Уменьшение показателя ВДС в расчете на одного занятого происходит несмотря на то, что общий уровень финансовой поддержки государства имеет тенденцию к росту.

Очевидная цель финансовой поддержки государства – создание возможностей сельскохозяйственным предприятиям финансировать свои расходы на обеспечение воспроизводства с учетом зарабатываемых ими доходов – не достигается, поскольку в соответствии с мнением авторитетных ученых экономистов-аграриев минимальный уровень рентабельности основной деятельности, необходимый для обеспечения расширенного воспроизводства, должен быть не меньше 25–35%. Итоговый уровень рентабельности в целом далек от этой отметки и ни разу, в том числе и в благоприятные годы, не подходил вплотную даже к нижнему уровню целевого интервала. Причем в конце анализируемого периода – в 2013 г., общий уровень рентабельности сельского хозяйства с учетом субсидий государства в 9,3% вплотную приблизился к уровню рентабельности сельского хозяйства без учета субсидий государства в начале периода – в 2007 г. (7,9%). В условиях экономической нестабильности уровень инвестиций в экономике в целом, как показывают данные последних лет, существенно понижается [8]. В сельском хозяйстве при низком или тем более отрицательном уровне рентабельности чистые инвестиции (валовые инвестиции минус выбытие основных средств) становятся отрицательными.

По данным ОЭСР ¾ государственной прямой поддержки в странах этой группы достается смежным с сельским хозяйством сферам экономической деятельности: поставщикам сельскохозяйственной техники и других средств производства, предприятиям, занятым транспортировкой, хранением, переработкой аграрного сырья, реализацией потребителям готовой продукции [9, с. 7]. То есть на долю сельского хозяйства в экономически развитых странах приходится примерно 25% этой поддержки, при доле сельского хозяйства в структуре занятых в АПК примерно 15–20%. Это значит, что на долю одного занятого в сельском хозяйстве приходится от 167% до 192% поддержки от ее среднего значения по АПК, принятого 100%.

Следовательно, в экономически развитых странах прямая финансовая поддержка, не являющаяся основной формой финансовой поддержки, несмотря на ее невысокую эффективность, все-таки способствует увеличению показателя «ВДС в сельском хозяйстве в расчете на одного занятого».

Таблица 4

Динамика показателей ВДС на одного занятого и рентабельности сельскохозяйственных организаций России в 2007–2013 гг.

Показатели	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	2	3	4	5	6	7	8
Удельный вес убыточных организаций к общему числу,%	25	22	28	29	21,8	20,3	18
ВДС на одного занятого в отношении к средней величине показателя по всей экономике, в процентах	46,56	43,38	44,1	36,75	38,1	41,3	38,29
Уровень рентабельности по всей деятельности, с учетом субсидий государства,%	16,7	14,8	9,4	8,3	11,8	20,3	9,3
Уровень рентабельности по всей деятельности без учета субсидий государства,%	7,9	2,2	–3,2	–5,4	–0,4	–4,8	–1,7
Уровень финансовой поддержки государства, в%	8,8	12,6	11,6	13,7	12,2	25,1	11,0

Источник: данные Росстата [1; 7], расчеты авторов.

В России нет официальных данных о том, какая доля прямой финансовой поддержки сельского хозяйства достается аграрным производителям. Однако можно произвести примерные подсчеты. Доля сельского хозяйства в валовой продукции АПК – 50%, в совокупной занятости в АПК – 65%. Соответственно, доля обслуживающих и перерабатывающих отраслей в валовой продукции – 50%, в совокупной занятости – 35% [10]. «Наряду с этим доля сельских товаропроизводителей в конечных потребительских ценах на продовольствие должна согласно расчетам и оправданному опыту составлять около 60% (если стоимость распределять пропорционально количеству занятых). А фактически в последние годы в цене муки в среднем она составила 24%, при том, что доля перерабатывающей промышленности составила 28%, а оптовой и розничной торговли – 48%. С некоторыми вариациями такая картина характерна и для других видов продовольствия» [11]. Это значит, что как ВДС, так и средства прямой финансовой поддержки распределяются в АПК так, что в расчете на одного занятого сельскому хозяйству достается намного меньше, чем в конечном итоге смежникам по АПК.

В России в основном прямая по своей форме финансовая поддержка государства не может приостановить или хотя бы существенно замедлить процессы перераспределения доходов, создаваемых в сельском хозяйстве, в пользу смежников по АПК. Когда не возникает каких-либо особых благоприятных обстоятельств, вроде принятия санкций против России и ее вынужденных ответных мер, общий уровень рентабельности сельскохозяйственных организаций (с учетом государственной поддержки) имеет тенденцию приближаться к некоторому минимуму, при котором сельскохозяйственные организации нормально развиваться не могут, но могут просуществовать неопределенно долго, поскольку государство стремится не допустить их банкротства. При этом минимальном уровне рентабельности сельскохозяйственные предприятия не имеют ресурсов для того, чтобы активно противиться диктату монополистов-смежников по АПК. Последние обладают достаточными возможностями для контроля за распределением созданной в сельском хозяйстве ВДС и постепенного уменьшения уровня ВДС в расчете на одного занятого до некоторого минимального предела. При этом пределе выгоды смежников – дополнительная прибыль от перераспределения ВДС – максимизируются в долгосрочном периоде. Ниже этого предела общую прибыль аграриев опускать опасно – они могут обанкротиться несмотря на поддержку государства. И тогда сверхприбыли смежникам уже не видать.

При этом пределе государство в состоянии найти минимальные дополнительные средства, чтобы не допустить массового краха аграриев. Большая же часть помощи в конце концов попадает в руки смежников по АПК, контролирующих общий уровень цен межотраслевого обмена. Государство не имеет ресурсов, чтобы повысить и удержать общий уровень рентабельности аграриев до отметки, при которой они могут обеспечить нормальное воспроизводство и повысить свою хозяйственную активность. Большинство аграриев при крайне низких остаточных доходах не помышляет о том, чтобы вырваться из экономической кабалы несправедливого и неравноправного межотраслевого обмена, при котором значительную часть результатов их труда присваивают смежники по АПК. Сами же смежники не имеют ни сил, ни желания отказаться от своей избыточной власти и возможности получать сверхприбыль, созданную трудом аграриев. По существу это равновесие по Нэшу, то есть равновесие экономических стратегий аграриев, смежников по АПК и государства, которое экономически не преодолевается, а как раз закрепляется мерами прямой финансовой поддержки аграриев государством.

Чтобы сформировать качественно иное устойчивое равновесие экономических стратегий, необходимо качественно изменить соотношение сил аграриев и их смежников по АПК в межотраслевом обмене и межотраслевой конкуренции. Для этого долгосрочная стратегия государства по отношению к аграриям должна быть направлена на решение следующих основных задач:

– последовательно ограничить средствами антимонопольной политики рыночную власть смежников по АПК в стране и регионах, не допуская чрезмерной концентрации их экономической деятельности на рынках;

– проводить активную политику регулирования цен межотраслевого обмена экономическими методами, стремясь к установлению и поддержанию паритета выгод в обмене, в том числе посредством введения повышенных ставок налогообложения прибыли и НДС смежников по АПК, когда доля аграриев в цене конечных продуктов опускается ниже установленного минимума;

– разработать государственную программу формирования единой сети оптовых продовольственных рынков на всей территории страны, создающей возможность

прямого доступа на эти рынки аграрных производителей с низкими транзакционными издержками;

– разработать федеральную и региональные программы поддержки развития горизонтальной кооперации аграрных производителей в сферах закупок техники, удобрений и других средств производства для сельских производителей, совместного использования техники, в организации транспортировки и реализации продукции, а также развития агропромышленной интеграции. Такого рода программы будут способствовать увеличению рыночной власти объединяемых аграриев, увеличению количества возможных альтернатив при организации рыночных транзакций, увеличению хозяйственной гибкости аграрных производителей;

– создать единую по стране сеть информационных, научно-образовательных, консультационных, юридических услуг для аграрных производителей с поддерживаемыми государством низкими издержками доступа с целью создания равных возможностей минимизации транзакционных издержек для аграрных производителей и их контрагентов по обмену внутри АПК.

Постепенное решение этих стратегических задач позволит:

– радикально увеличить рыночную власть и межотраслевую конкурентоспособность организаций аграрной сферы, что даст возможность существенно увеличить долю сельского хозяйства в ВДС внутри АПК и соответственно – уменьшить размеры прямой государственной финансовой помощи сельскому хозяйству;

– создать условия для повышения хозяйственной гибкости и экономической эффективности аграрных производителей;

– повысить международную конкурентоспособность аграриев и всего АПК, существенно повысить долю российских аграриев на внутрироссийском продовольственном рынке, а также долю российских аграриев в поставках продовольствия на международные рынки;

– увеличить средний уровень коммерческой доходности аграрных организаций, усиливать мотивацию аграрных производителей к предпринимательству и инновациям.

Продвижение в реализации указанных стратегических задач будет формировать условия для достижения нового стратегического равновесия в сфере АПК. По мере усиления позиций аграриев в межотраслевой конкуренции доля ВДС аграриев внутри АПК будет постепенно увеличиваться, фиксируемая степень паритетности межотраслевого обмена сельского хозяйства с другими отраслями АПК – постепенно возрастать, норма рентабельности – приближаться к уровню, при котором возможно нормальное воспроизводство без прямой финансовой поддержки государства. При этом хозяйственная активность и гибкость аграриев будут увеличиваться, приоритетными стратегическими целями будут становиться повышение межотраслевой конкурентоспособности и реализация перспективных предпринимательских решений с целью увеличения прибыли. Главными стратегическими целями государства будут во все большей степени создание общих условий для повышения межотраслевой конкурентоспособности сельскохозяйственных организаций, поддержание и некоторое повышение в перспективе уровня паритетности межотраслевого обмена аграриев с другими сферами АПК. Целями смежников будут налаживание стратегического партнерства с аграриями и реализация своей части выгод от этого партнерства. Главным же условием устойчивости нового стратегического равновесия в АПК будет постепенное повышение общего уровня межотраслевой конкурентоспособности организаций сельского хозяйства.

Проведенный анализ показателей доходности (ВДС и рентабельности) организаций сельского хозяйства затрагивает период до 2013 г., когда именно соотношение конкурентных позиций участников экономических отношений в АПК определяло общую динамику этих показателей. В 2014 и 2015 гг. уже начал действовать фактор экономических санкций против России и ответных мер на них, который вызвал резкое сокращение импорта и рост внутреннего спроса на продовольствие, что способствовало частичному улучшению показателей доходности аграрных предприятий. Так, в 2014 г. рентабельность проданной продукции составила 17%, в 2015 г. – 21%; показатели рентабельности активов – соответственно 4,9% и 7,4% [1, с. 418]. Однако фактор роста импортозамещения будет продолжать действовать недолго. Когда все участники рыночных отношений в АПК адаптируются к нему, снова возобновится прежняя тенденция, обусловленная соотношением их позиций в межотраслевой конкуренции. Средства государства на дальнейшую поддержку сельского хозяйства опять будут расходоваться крайне нерационально. При низких либо отрицательных показателях рентабельности государство вынуждено будет основную часть средств, используемых для финансирования сельского хозяйства, выделять в виде крайне неэффективных прямых субсидий, преобла-

дающая часть которых, как мы знаем, будет перераспределяться в пользу смежников сельского хозяйства по АПК. Чем больше средств будет выделяться для прямой финансовой поддержки, тем ниже будет становиться межотраслевая конкурентоспособность сельского хозяйства, тем выше будет потребность в дополнительном финансировании, тем меньшая доля помощи будет попадать к тем, кто в ней нуждается. Чтобы не попасть в такую институциональную ловушку в будущем, следует максимально использовать выгоды сегодняшней ситуации, относительно благоприятной для сельского хозяйства. Тем более что членство России в ВТО будет существенно затруднять использование прямой финансовой поддержки организаций сельского хозяйства [6]. Авторы в своих более ранних публикациях обосновывали идеи о бесперспективности акцента государства на мерах прямой финансовой поддержки организаций сельского хозяйства [12; 13].

При существующей организации банковской системы в стране банки и в столицах, и в регионах в целом довольно слабо ориентированы на потребности реального сектора экономики [14]. В условиях нарастающих бюджетных ограничений очень важно устранить существующее доминирование финансового сектора над реальной экономикой [15, с. 345] и изменить схемы предоставления бюджетных средств организациям реальной экономики, чтобы исключить оседание значительных бюджетных средств в финансовых структурах, а также обеспечить равномерность финансовых потоков в реальную экономику [16, с. 224].

При изменении ситуации можно будет большую часть средств, выделяемых даже в пределах существующего финансирования сельского хозяйства, направлять на решение стратегических задач повышения его межотраслевой конкурентоспособности, для формирования нового эффективного равновесия стратегий на рынке АПК, при котором потребность в государственном финансировании сельского хозяйства в будущем будет постепенно уменьшаться, а эффективность самого сельского хозяйства – расти.

Список литературы

1. Россия в цифрах. 2016: Крат. стат. сб. / Росстат. – М., 2016. – 543 с.

2. Российский стат. ежегодник. 2011: Стат. сб. / Росстат. – М., 2011. – 795 с.

3. Федеральная служба государственной статистики. Российский статистический ежегодник – 2015 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http:// www.gks.ru/bgd/regl/b15_13/ Main.htm (дата обращения: 10.09.2017).

4. Экономика России, цифры и факты. Часть 2. Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. Режим доступа: https:// utmagazine.ru/ posts/ 10086-ekonomika-rossii-cifry-i-fakty-chast-2-selskoe-hozyaystvo (lata обращения: 30.08.2017).

5. Россия в цифрах. 2003: Крат. стат. сб. / Госкомстат России. – М., 2003. – 398 с.

6. Система государственной поддержки сельского хозяйства в условиях членства России в ВТО / Киселев С.В., Петриков А.В., Гатаулина Е.А., Узун В.Я. и др.: монография. – М.: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (экономический факультет), 2016. – 176 с.

7. Федеральная служба государственной статистики – сборники «Основные показатели сельского хозяйства в России» – 2008, 2010, 2012, 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http:// www.gks.ru (дата обращения: 30.08.2017).

8. Лаптев С.В. Управление инвестициями организаций в условиях финансово-экономической нестабильности // Аудитор. – 2016. – Т. 2, № 5. – С. 51–56.

9. Мелюхина О.Г. Почему поддержка российского АПК достаточна, но не эффективна // Агроинвестор. – 2013. – № 2. – С. 22–24.

10. АПК: функции и структура [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://econominfo.ru/view-article.php?id=281 (дата обращения: 30.07.2017).

11. Кундиус В.А., Кальней М.А. Механизм выравнивания паритетности доходов сельскохозяйственных организаций как участников агропродуктового рынка // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – № 11 (49). – С. 92–94.

12. Лаптев С.В., Филина Ф.В. Пути совершенствования государственной поддержки аграрных предприятий в сфере АПК // Terra Economicus. – 2007. – Т. 5, № 2–3. – С. 194–199.

13. Лаптев С.В., Филина Ф.В. Проблемы развития стратегического управления аграрным сектором АПК / В сб: Агропромышленный комплекс современной России: проблемы, приоритеты развития: ГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет» Экономический факультет; ФГБНУ Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации. – Воронеж, 2015. – С. 120–126.

14. Лаптев С.В., Филина Ф.В., Либерман Т.И. Развитие российской банковской системы в период мирового финансово-экономического кризиса (2009–2012 гг.) и посткризисной трансформации: проблемы повышения устойчивости / Под ред. С.В. Лаптева. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2014. – 228 с.

15. Хожаинов Н.Т. «Регулирование воспроизводства в агропромышленном комплексе России при бюджетных ограничениях». – В кн.: Воспроизводство России в XXI веке: диалектика регулируемого развития. К 80-летию выхода в свет книги Дж. М. Кейнса «Общая теория занятости, процента и денег»: сборник тезисов докладов / под ред. Р.М. Нуреева, М.Л. Альпидовской. – М.: Финансовый университет, 2016. – С. 344–349. URL: http://www.fa.ru/chair/micro/news/Pages/2015-12-23-vr-xxi.asp.

16. Хожаинов Н.Т. Необходимо изменить финансовые условия предпринимательства в реальном секторе экономики России. – Теория и практика экономики и предпринимательства / Труды XIII Международной научно-практической конференции. Симферополь-Гурзуф, 21–23 апреля 2016 года. – Саки: ИП Бровко А.А., 2016. – 336 с.

УДК 338.462

КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ ИННОВАЦИОННОЙ СРЕДЫ СЕРВИСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Лунева Е.А., Плохих Ю.В., Кулик Н.А.

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», Омск, e-mail: winternаme@mail.ru, plohih2004@yandex.ru, nina-k77@yandex.ru

В настоящей статье исследуются подходы формирования кластера в сервисных организациях России. Опыт развития кластеров в инновационно развитых странах позволяет проанализировать факторы успеха кластерных структур. В разных странах по-разному реализуются программы инновационного кластерного развития. Зарубежные и отечественные ученые выделяют разные подходы к трактовке понятия «кластер». Методологическую основу концепции кластерного формирования составили результаты исследований А. Маршала, М. Портера, Е.Н. Новокшеновой, Р.В. Фаттахова, Т.Н. Сосниной, Р. Каппелина. Исследуется возможность развития кластера удаленно, без учета его территориальных границ. Социально-экономический эффект может быть достигнут в результате сотрудничества в длительном периоде всех заинтересованных сторон и результативного применения их возможностей. Результатом кластерных взаимосвязей является возможность повышения инновационной привлекательности и конкурентоспособности предприятий и регионов.

Ключевые слова: кластер, сервисная организация, инновационное развитие, характеристики кластеров, конкурентоспособность

CLUSTER APPROACH TO FORMATION OF INNOVATIVE ENVIRONMENT OF SERVICE ORGANIZATIONS

Luneva E.A., Plokhikh Yu.V., Kulik N.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Omsk State Technical University», Omsk, e-mail: winternаme@mail.ru, plohih2004@yandex.ru, nina-k77@yandex.ru

In this paper the approaches of cluster formation in the service organizations of Russia. Experience of development of innovative clusters in developed countries allows to analyze the success factors of cluster structures. In different countries different implements programs of innovative cluster development. Foreign and domestic scientists distinguish different approaches to the interpretation of the concept «cluster». The methodological basis of the concept of cluster formation made up research results A. Marshala, M. Porter, E.N. Novokshenova, R.V. Fattakhov, T.N. Sosnina, R. Cappelin. The possibility of cluster development remotely, without regard to its territorial boundaries. Socio-economic effect can be achieved by the cooperation and effective use of the capacities of all stakeholders in the long period. The result of cluster relationships is the possibility of increase of innovative attractiveness and competitiveness of enterprises and regions.

Keywords: cluster, service organization, innovative development, cluster characteristics and competitiveness

В последнее время происходящие в мире процессы глобализации и интеграции привели к изменению основных аспектов экономического развития, когда конкурируют зачастую не отдельные предприятия, а кластерные структуры, а главным фактором успеха становятся инновации и научно-технический потенциал. Интерес к кластеризации в России объясняется положительным опытом мировых лидеров в области инноваций (Швеция, США, Швейцария, Финляндия и т.д.), внедривших кластерный подход в той или иной форме, который вывел их на новую ступень экономического развития, способствовал модернизации, технологическому развитию и повышению конкурентоспособности экономики на региональном и международном уровнях. Кластерный подход к инновационной деятельности и развитию территорий применяется во многих развитых и развивающихся странах. По мнению экспертов, кластеризацией охвачено около 50% экономик ведущих стран. Основные направления развития кластеров в инновационно развитых странах (на основе глобального инновационного индекса) представлены в таблице [1, с. 334].

Как видно из таблицы, Россия находится только на 49 месте в рейтинге по показателю развития инноваций по версии международной бизнес-школы INSEAD. Это связано в том числе и с доминированием третьего и четвертого технологических укладов, вследствие чего становится особо актуально совершенствование процессов инновационного развития на основе кластерного подхода. Применение кластеров как одного из инструмента перехода России на социально-инновационную модель развития отмечено в Стратегии инновационного развития России до 2020 года, несмотря на это, сетевые формы организации бизнеса до сих пор остаются недооцененными.

Особенности развития кластеров в инновационно развитых странах

Страна (позиция в рейтинге)	Индекс	Основные сферы инновационных кластеров
Швейцария (1)	64,8	биоэнергетика, сфера информационных технологий, фармакология, химия, финансовые услуги
Великобритания (2)	62,4	финансовые услуги, информационно-коммуникационные технологии и биотехнологии
Швеция (3)	62,3	наукоемкие отрасли, сфера услуг, энергетическая отрасль
Финляндия (4)	60,7	электротехнологическая сфера, сектор связи и информационных технологий, нанотехнологийи
Нидерланды (5)	60,6	нанотехнологии, биотехнологии, фармацевтика, биоресурсы
США (6)	60,1	энергетика, оборона, торговля, сельское хозяйство
Сингапур (7)	59,2	машиностроение, инженерно-морские кластеры, информационные технологии
Дания (8)	57,5	сельское хозяйство, фармацевтика, косметика
Люксембург (9)	56,9	автомобильные технологии, экология и энергетика, ИТ, космические технологии, биотехнологии
Китай (29)	46,6	информационно-компьютерные технологии, машиностроение, легкая промышленность
Россия (49)	39,1	информационно-компьютерные технологии, нефте- и газопереработка, нефтехимия, биотехнологии, автомобилестроение, производство летательных и космических аппаратов, приборостроение, ядерные и радиационные технологии

Как отмечено в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г., «успех реализации инновационного сценария развития страны будет зависеть от способности государственных органов власти обеспечить условия для дальнейшего совершенствования институциональной среды и формирования институциональных структур, присущих постиндустриальному обществу. В число этих условий входит поддержка кластерных инициатив, направленных на достижение результативной кооперации организаций – поставщиков оборудования и комплектующих, специализированных производственных и сервисных услуг, научно-исследовательских и образовательных организаций в рамках территориально-производственных кластеров» [8].

Теоретические и практические аспекты применения кластерного подхода для обеспечения инновационного развития регионов освещались в работах многих зарубежных и отечественных ученых, но среди них нет единства в раскрытии содержания понятия «кластер».

Термин «кластер» был введен учеными Стан Чаманским (США) и Луисом де Абласом (Бразилия) [12]. В своих исследованиях они отмечали, что субъекты кластера обладают более сильными связями, нежели простое территориальное объединение промышленной группы. А. Маршал в своих трудах описал классическую теорию об экономической эффективности кластеров, основанную на сокращении издержек (финансовых, ресурсных, трудовых, транспортных и пр.) в результате концентрации компаний, производственных мощностей и технологических цепочек, а также корригированному доступу к потребителям и квалифицированной рабочей силе [13].

Методологическую основу концепции кластера составили результаты исследований М. Портера, в которых он сформулировал три определения понятия «кластер». «Первые два определения акцентируют внимание на географической привязанности компаний, объединенных в кластер, третье определение основано на концепции источников локальных конкурентных преимуществ» [9, с. 185]. Необходимо отметить, что М. Портер дал определение понятию «промышленный кластер».

Как отмечает Е.Н. Новокшенова, «в зарубежной литературе к трактовке дефиниции «кластер» прослеживаются три подхода:

1. Совокупность взаимосвязанных фирм (Feser, Steiner and Hartmann, Roelandt and den Hertag, Van den Berg, Braun and van Winden).

2. Совокупность близкорасположенных фирм (Swann and Prevezer, Schmitz, Enright, Bergman and Feser).

3. Совокупность близко расположенных взаимосвязанных фирм (Rosenfeld, Porter, Andersson)» [7, с. 34].

По нашему мнению, у представителей первого подхода понятие описано менее емко, т.к. территориально объединённые

фирмы не обязательно взаимодействуют между собой и могут быть не взаимосвязанными.

Наличие взаимосвязи фирм является обязательным условием кластера, однако, если эти организации удалены друг от друга, эффективность взаимодействия может быть нивелирована сложностью поддержания устойчивых связей на большом расстоянии и удорожанием конечного продукта вследствие высоких транспортных издержек. С одной стороны, существование транснациональных кластеров, участники которых сосредоточены преимущественно в не граничащих друг с другом регионах двух и более стран, является подтверждением того, что географические границы не являются ключевым признаком кластера, с другой стороны, не во всех сферах деятельности возможно вести эффективно совместную работу удаленно территориально.

Трактовка, предложенная приверженцами третьего подхода, по нашему мнению, является наиболее полной и универсальной, так как если взаимосвязанные фирмы территориально не удалены друг от друга, то возможно добиться производства качественного и инновационного продукта не увеличивая при этом издержки производства и обращения.

Отечественные ученые также предлагают различные дефиниции термина «кластер». Р.В. Фаттахов, считает, что всех ученых, изучающих понятие «кластер» и имеющих различные точки зрения, можно условно разделить на две группы: «к первой группе он относит ученых, которые уделяют большое внимание географической составляющей кластера; ко второй – тех, кто считает «географическую составляющую малозначительной» [2, с. 20]. В результате обзора литературы по рассматриваемой теме авторами было отмечено, что в последнее время все реже в предлагаемых трактовках этого понятия делается акцент на территориальные границы кластера. Так, В.М. Кутьин при описании кластера отходит от общепринятой привязки к географическому признаку, по его мнению, это «образование, не обладающее географическим детерминизмом, что объясняется, во-первых, слабостью подавляющего большинства регионов России, во-вторых, даже близко находящиеся на географической карте регионы настолько сильно отличаются ресурсным, людским потенциалами, что это не позволяет отнести их к одному экономическому кластеру» [4, с. 525].

Т.Н. Соснина под кластером понимает «сообщество фирм, тесно связанных отраслей, способствующих росту конкурентоспособности друг друга. Для всей экономики государства кластеры выступают в качестве точек роста внутреннего рынка и базы для международной экспансии. Вслед за первым в экономике часто образуются новые кластеры, и международная конкурентоспособность стран увеличивается» [10].

Г.Р. Хасаев вообще не указывает признаки кластера и его инфраструктуру, а акцентирует внимание на феномене его образования, определяя кластер «как способ самоорганизации сообщества для выживания в условиях жесткой международной конкуренции» [11]. Не столь важно, стихийно, под влиянием рыночных сил образовался кластер или вследствие целенаправленных усилий, главное, что такая форма кооперации адаптируется к условиям глобализации и высокому динамизму среды.

Р. Каппелин указывает на то, что «кластеры сформированы группами инновационных предприятий, академических и исследовательских институтов, местных органов власти и (или) других поддерживающих организаций» [3]. Р. Каппелин отмечает, что, кроме основных производителей ключевого инновационного продукта, кластер включает целый ряд самостоятельных экономических субъектов, осуществляющих поставку ресурсов (материальных, трудовых, финансовых и т. д.) обеспечивающих обслуживание и доведение инновационных продуктов до потребителей.

Согласно методическим рекомендациям по реализации кластерной политики в субъектах Российской Федерации кластер представляет собой «объединение производственных компаний, научно-исследовательских и образовательных учреждений, поставщиков оборудования и услуг, работающих совместно над решением общей задачи с целью получения конкурентных преимуществ, создания наукоемкой и высокотехнологичной продукции» [6].

Дискуссионные моменты, определяющие дефиницию понятия кластер, свидетельствуют о многогранной природе этого явления (их изучают как экономический феномен, при формировании их естественным путем и как меру политики). Ввиду многообразия форм кластеризации и их постоянного изменения, по мнению авторов, данное научное направление требует дальнейшего изучения.

Как отметил М. Портер в своем выступлении на российско-американском инвестиционном симпозиуме в Бостоне, «основная задача для России – мобилизация потенциальных усилий и их направленность на повышение привлекательности России как региона для ведения бизнеса».

По его мнению, один из возможных путей решения этой задачи – построении новой экономической модели, основанной на кластере. В соответствии с этим возникает необходимость определения роли кластеров в социально-экономическом развитии регионов в современных экономических условиях.

Изучив различные точки зрения к подходам формирования кластерных инициатив, можно сделать вывод, что основой кластерных отношений становится добровольное объединение независимых, обособленно действующих предприятий, преследующих самостоятельные интересы. Благодаря кластеру повышается частота и сила взаимодействия предприятий. Предприятия начинают более гибко реагировать на потребности покупателей. Правильное формирование кластеров сервисных организаций обеспечивает наиболее рациональное распределение ресурсов между различными отраслями экономики, позволяя в будущем формировать правильную схему технологического процесса, а в перспективе – устойчивое развитие сферы сервиса. С учетом влияния средовых условий, а также специфики сферы сервиса, по мнению авторов, наиболее подходящая модель кластеризации сервисных организаций – горизонтальные сети фирм с гибкой структурой, объединение которых основывается на преимущественно когнитивных связях, функционирование которых поддерживается институциональными условиями. Институциональные условия внешней среды играют ключевую роль в успешном функционировании и развитии инновационных кластеров. Для обеспечения эффективности работы кластера и стимулирования инновационных сервисных разработок необходимо создание коммуникационного центра, поддерживающего взаимосвязи отдельных элементов инновационной среды и способного оказывать влияние на инновационную активность сервисных организаций, в том числе создание координационных центров и советов, поддержку инновационной инфраструктуры, мониторинг деятельности кластера и др. [5]. Решение выделенных задач предусматривает создание Центра инновационного развития кластера сервисных организаций. Через специально созданную информационную структуру Центр будет предоставлять участникам кластера технологическую информацию и «ноу-хау» в рамках инновационных проектов. Для обеспечения развития инновационной среды сервисных организаций в Центре необходимо выделение следующих направлений: Центр научных исследований, Центр развития бизнес-решений и стратегических разработок, Информационно-аналитический центр, Центр консалтинга и экспертной поддержки, Центр по международному сотрудничеству, Венчурный центр, Центр трудоустройства и подбора персонала.

Функции подразделений Центра инновационного развития кластера сервисных организаций

Центр научных исследований – организация и координация научных исследований; привлечение к осуществлению приоритетных научных исследований; координация деятельности учебных заведений и организаций сектора исследований и разработок по реализации научных исследований, текущий и итоговый контроль их выполнения; осуществление научно-технической поддержки секторов исследований и разработок, высшего образования и новаторов

Центр развития бизнес-решений и стратегических разработок – оценка и обоснование инновационных проектов и программ; изучение коммерческих перспектив инноваций; прогнозирование научно-технологического развития.

Информационно-аналитический центр – сбор и обработка информации, касающейся отдельных вопросов сферы сервиса; информационно-аналитическое обеспечение инновационной деятельности; статистическая обработка и анализ результатов инновационной деятельности; проведение анализа инвестиционной активности.

Центр консалтинга и экспертной поддержки – экспертиза инновационных проектов; консультирование по правовым вопросам, вопросам бухгалтерского учета и аудита; организация и проведение обучающих семинаров, курсов, тренингов.

Центр по международному сотрудничеству – осуществление сотрудничества с зарубежными и международными организациями.

Центр трудоустройства и подбора персонала – выработка рекомендаций по подготовке и переподготовке персонала; поиск и отбор персонала; обучение и повышение квалификации работников сервисных организаций, осуществляющих деятельность по инновационным направлениям.

Венчурный центр – оценка инновационных проектов; поддержка и поиск инвесторов; помощь в управлении инновационными проектами.

Основной задачей Центра инновационного развития сферы сервиса является обеспечение результативного взаимодействия участников инновационных про-

цессов, в том числе органов государственной власти и местного самоуправления, участников территориальных кластеров, субъектов инновационной деятельности, учреждений образования и науки, инвесторов, инноваторов.

Принимая за основу опыт управления инновационными процессами, целесообразным представляется применение кластерного подхода в формировании инновационной среды сервисных организаций. Инновационная среда организаций сферы сервиса возникает при создании, обращении и использовании инноваций и образуется путем взаимодействия и координации субъектов инновационного процесса в сфере сервиса в рамках регулятивной инфраструктуры. Применение кластерного подхода позволяет повысить эффективность взаимодействия всех участников инновационных процессов, в том числе органов государственной власти и местного самоуправления, участников территориальных кластеров, субъектов инновационной деятельности, учреждений образования и науки, инвесторов, инноваторов, за счет: укрепления связей между отдельными участниками инновационных процессов и поддержания отношений внутри кластера; развития структурных элементов инновационной среды; концентрации научно-технического потенциала, знаний и умений; возможности определения влияния интеграционных отношений на инновационное развитие сервисных организаций.

Особое значение в формировании кластера сервисных организаций имеет интеграция в процессе взаимодействия инноваторов, инвесторов и учреждений образования и науки, роль последних так же заключается в реализации научно-исследовательских проектов в сфере сервиса. Социально-экономический эффект может быть достигнут в результате сотрудничества и результативного приложения возможностей партнеров по инновационной деятельности в долгосрочной перспективе, для поддержания которого предлагается формирование Центра инновационного развития кластера сервисных организаций. Конкуренция внутри кластера помогает совершенствовать инфраструктуру и систему взаимодействия, а развитие коммуникаций между участниками, обмен специалистами и технологиями дает возможность развиваться кластеру сервисных организаций.

Кластер максимально учитывает рыночные процессы и может быть в большой степени эффективным только тогда, когда сами организации (для повышения своей эффективности, улучшения качества услуг и т.п.) приходят к пониманию необходимости объединения в кластер, ориентиром которого становится повышение прибыльности и конкурентоспособности. Центр инновационного развития позволит сгладить инновационные барьеры, повысить производительность и инновационность сервисных организаций.

Список литературы

1. Абрамов Р.А. Механизмы реализации инновационного развития регионов: российский и зарубежный опыт [Текст] / Р.А. Абрамов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9–2. – С. 333–336.

2. Инновационные кластеры – точки роста XXI века: теоретические подходы, методологические и методические основы их формирования и развития / под ред. Р.В. Фаттахова. – М.: Финансовый университет, 2013. – 200 с.

3. Каппелин Р. Международные знания и инновационные сети для развития европейской интеграции, расширение и сплочение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ebiblioteka.ru (дата обращения: 01.08.2017).

4. Кутьин В.М. Территориально-экономическая кластеризация (классификация) регионов России: социально-геоэкономический аспект / В.М. Кутьин // Безопасность Евразии. – 2003. – № 1. – С. 525–527.

5. Лунева Е.А. Методологические аспекты формирования интегрированных маркетинговых информационных систем в сфере рекрутинговых услуг / Е.А. Лунева, Н.А. Кулик // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 6–2. – С. 407–411.

6. Методические рекомендации по реализации кластерной политики в субъектах Российской Федерации (утв. Минэкономразвития Рос. Федерации от 26.12.2008 № 20615-АК/Д19) [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://base.garant.ru/70581670/ (дата обращения: 12.04.2017).

7. Новокшенова Е.Н. Региональная инвестиционная политика как инструмент формирования кластеров в экономике северных регионов [Текст]: дис. … канд. экон. наук. / Е.Н. Новокшенова. – СПб., 2015. – 263 с.

8. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 г. № 1662-р (ред. от 08.08.2009) // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 47. – Ст. 5489.

9. Просалова В.С. Теоретические подходы к формированию понятия кластера, его специфические признаки и классификация / В.С. Просалова // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 5. – С. 184–188.

10. Соснина Т.Н. Терминологический статус понятия «кластер»: многофункциональность, специфика экономического варианта прочтения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://publications.ssau.ru/files/SOSNINA/MAGAZ/35.pdf (дата обращения: 14.04.2017).

11. Хасаев Г.Р. Кластер как современный инструмент повышения конкурентоспособности в регионе через партнерство – к будущему / Г.Р. Хасаев, Ю.В. Михеев, М.И. Уманский // Компас промышленной реструктуризации. – 2004. – № 1. – С. 24–27.

12. Czamanski S., Ablas L. Identifi cation of industrial clusters and complexes: a comparison of methods and findings / S. Czamanski, L. Ablas // Urban Studies 16. – 1979. – P. 61–80.

13. Marshall A. The Principles of Economics / A. Marshall. – London: Macmillan Press. – 1890. – 740 p.

УДК 338.012(574)

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГОТОВНОСТИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ КАЗАХСТАНА ДЛЯ ПЕРЕХОДА НА НАУКОЕМКИЕ СТАНДАРТЫ

Сагиева Р.К., Зиядин С.Т.

КазНУ им. Аль-Фараби, Алматы, e-mail: sagi5@mail.ru, ertis_economika@mail.ru

Статья посвящена теоретическим аспектам становления наукоемкой экономики Казахстана. Проблема формирования экономики знаний или наукоемкой экономики находится в повестке дня всех стран мира, что обусловлено нарастанием конкуренции на мировых рынках, в которой побеждает тот, кто владеет самыми передовыми технологиями и строит экономику на внедрении инноваций. Инновации во всех секторах экономики становятся основным драйвером экономического роста и определяют конкурентоспособность современных фирм, регионов и стран. Как показывает анализ экономического успеха развитых государств, в основе их лежат не только новейшие знания, но еще и множество социально-экономических предпосылок, способствующих эффективной передаче этих знаний в экономику. Таким образом, переход человеческой цивилизации к новому технологическому укладу определяет научные исследования и новые знания в качестве главного и основного фактора производства, обеспечивающего качественный экономический рост государств. Также в статье рассматриваются критерии оценки, определяющие наукоемкую экономику Казахстана.

Ключевые слова: наукоемкая экономика, наукоемкие отрасли, инновационная экономика

ANALYSIS OF THE STATE OF READINESS OF NATIONAL ECONOMY OF KAZAKHSTAN FOR TRANSITION TO SCIENTIFIC STANDARDS

Sagieva R.K., Ziyadin S.T.

Al-Farabi KazNU, Almaty, e-mail: sagi5@mail.ru, ertis_economika@mail.ru

The article examines the development of the knowledge-intensive economy of Kazakhstan. The problem of the formation of a knowledge economy or a knowledge-intensive economy is on the agenda of all countries of the world, which is due to the growing competition in world markets, in which the one who owns the most advanced technologies and builds the economy in the implementation of innovations wins. Innovations in all sectors of the economy become the main driver of economic growth and determine the competitiveness of modern firms, regions and countries. As analysis of the economic success of developed countries shows, at the heart of them lie not only the latest knowledge, but also a multitude of socio-economic prerequisites that facilitate the effective transfer of this knowledge to the economy. Thus, the transition of human civilization to a new technological order determines scientific research and new knowledge as the main and basic factor of production, ensuring the qualitative economic growth of states. The article also examines the evaluation criteria that determine the knowledge-based economy of Kazakhstan.

Keywords: knowledge-intensive economy, knowledge-intensive industries, innovative economy

Современные революционные изменения в материаловедении, энергетике, робототехнике, биотехнологии и других секторах позволяют наблюдать глубинные процессы, происходящие во всех сферах экономической деятельности и констатировать факт, что приобретение, разработка, распространение новых знаний, обучение им, а также их защита становятся приоритетными в обеспечении долгосрочной экономической устойчивости развития стран. Новые знания трансформируются в основной фактор качественных экономических преобразований в процессе производства, распределения, обмена и потребления благ (товаров и услуг), а также оказывают непосредственное влияние на характер управления экономикой и отношения собственности. Фактически можно говорить о становлении нового типа экономической системы – наукоемкой экономики, который обусловлен прежде всего становлением нового технологического уклада. Глобальные вызовы, на которые предстоит ответить человечеству в XXI веке, были озвучены Президентом Республики Казахстан в «Стратегии Казахстан – 2050: новый политический курс состоявшегося государства» [1]:

– ускорение исторического времени;
– глобальный демографический дисбаланс;
– острый дефицит воды;
– глобальная энергетическая безопасность;
– исчерпаемость природных ресурсов;
– третья индустриальная революция;
– нарастающая социальная нестабильность.

Цель исследования

В Республике Казахстан также можно наблюдать некоторые элементы перехода к наукоемкой экономике, в связи с чем возникает необходимость исследования данных тенденций и препятствующих им системных барьеров.

Материалы и методы исследования

Институтом Всемирного банка проводились исследования, посвященные успешности перехода разных стран к экономике знаний и уточнения их сравнительных преимуществ в данном направлении в глобальных масштабах. Результаты данных изысканий показали, что основными предпосылками, способствующими развитию наукоемкой экономики, являются:

– долгосрочные инвестиции в образование;

– развитие инновационного потенциала;

– модернизация информационной инфраструктуры;

– создание благоприятной экономической и институциональной среды.

Ключевыми столпами перехода к наукоемкой экономике являются образование и квалификация рабочих, которых постоянно совершенствуют свои навыки и знания, а также соответствующая экономическая политика и развитие институтов, позволяющие эффективно мобилизовать и распределять ресурсы и стимулировать творческий потенциал людей для эффективного создания, распространения и использования новых знаний [2].

Четыре ключевых элемента экономики знаний, выделенные Институтом Всемирного банка, легли в основу двух показателей: Индекс знаний и Индекс экономики знаний.

Между тем для исследования социально-экономических предпосылок перехода к наукоемкой экономике регионов Казахстана, на наш взгляд, необходимо учитывать специфические особенности как территориально-географического, так и исторического плана.

Специфические особенности имеет казахстанская система образования, которая за последние десятилетия пережила значительные реформы: при сохранении обязательного среднего образования для всех граждан страны, в системах среднего профессионального и высшего образования был осуществлен переход на европейские стандарты. Казахстан включился в Болонский процесс, перешел на трехуровневую подготовку высококвалифицированных и научно-педагогических кадров: бакалавриат – магистратура – докторантура. В связи с этим значительная трансформация произошла и в системе подготовки и финансирования научных кадров [3]. Изменились не только критерии оценки научно-исследовательской деятельности, но стало меняться и само содержание этой деятельности, которое подверглось таким факторам, как:

● быстрая смена технологий в мире и их новизна для научных работников страны;

● сохраняющийся языковой барьер, так как подавляющее большинство научно-педагогических кадров пока не владеют в необходимой степени английским языком;

● усиливающаяся «утечка мозгов» как из научного сектора в бизнес, так и за рубеж;

● недостаточное финансирование научно-исследовательской деятельности в сравнении с ведущими зарубежными странами [4].

Между тем в сфере образования и подготовке научных кадров можно наблюдать и положительные тенденции:

● в каждом регионе страны функционируют колледжи и региональные вузы, ориентированные на территориальную специфику спроса на квалифицированные кадры;

● предусмотрено растущее года от года выделение государственных грантов на подготовку научно-педагогических кадров;

● внедрены новые подходы в организации финансирования научно-исследовательской деятельности;

● предусмотрено развитие трехъязычного образования на всех уровнях подготовки кадров;

● высокий уровень компьютеризации образовательных учреждений [4].

Таким образом, Государственной программой развития образования до 2020 года предусмотрено не только последовательное увеличение инвестиций в образование, но и повышение качества компетенций и навыков выпускаемых специалистов [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Если говорить о специфике развития инновационного потенциала, то в разных регионах страны начали формироваться элементы инновационной инфраструктуры. Так, на сегодняшний день созданы и функционируют 9 региональных технопарков, 4 отраслевых конструкторских бюро (табл. 1), 2 международных центра трансферта технологий, 15 офисов коммерциализации, 4 центра коммерциализации.

В 2012 г. общая площадь технопарков составляла 30 973 кв. метра, полезная площадь – 19 988 кв. метров, из них занимаемая 161 арендатором площадь составила 18 137 кв. метров, или 90,7%.

ОКБ в Казахстане созданы в целях содействия субъектам индустриально-инновационной деятельности в освоении новой машиностроительной продукции, в том числе путем трансферта технологий, приобретения, адаптации, разработки конструкторско-технологической документации (КТД), ее последующей передачи на возмездной основе субъектам индустриально-инновационной деятельности и оказания услуг, необходимых для организации производства товаров на ее основе. На сегодняшний день функционируют 4 ОКБ (табл. 2).

Начиная с 2009 г. в Казахстане активно ведется работа по созданию инфраструктурной основы для практической реализации трансферта технологий.

В 2009 г. первым подобным центром стал Казахстанско-Французский центр трансферта технологий, созданный совместно с французской компанией CEIS (КФЦТТ). Основной целью КФЦТТ является создание условий развития сотрудничества в академической, научной, технологической сферах и трансферте технологий между субъектами инновационной деятельности Республики Казахстан и Французской Республикой.

Таблица 1

Перечень технопарков в РК

Наименование технопарка	Местонахождение	Дата создания
ТОО «Технопарк «Алгоритм»	г. Уральск	14.07.2004 г.
ТОО «Технопарк «Сары-Арка»	г. Караганда	14.05.2004 г.
АО «Технопарк КазНТУ им. К.И. Сатпаева»	г. Алматы	09.09.2004 г
ТОО «Алматинский региональный технопарк»	г. Алматы	20.04.2005 г.
ТОО «Региональный Технопарк г. Астаны»	г. Астана	19.09.2007 г.
ТОО «Региональный технопарк в Южно-Казахстанской области»	г. Шымкент	15.08.2008 г.
ТОО «Восточно-Казахстанский региональный технопарк «Алтай»	г. Усть-Каменогорск	31.10.2008 г.
ТОО «Северо-Казахстанский региональный технопарк «Кызылжар»	г. Петропавловск	20.01.2009 г. (в процессе ликвидации)
ТОО «Технопарк Алатау»	г. Алматы	12.09.2012 г.

Источник: www.stat.gov.kz.

Таблица 2

Перечень ОКБ в Казахстане

Наименование ОКБ	Местонахождение	Дата создания
ТОО «Конструкторское бюро транспортного машиностроения»	г. Астана	7 мая 2009 г.
ТОО «Конструкторское бюро горно-металлургического оборудования»	г. Усть-Каменогорск	16 марта 2010 г.
ТОО «Конструкторское бюро нефтегазового оборудования»	г. Петропавловск	1 октября 2010 г.
ТОО «Конструкторское бюро сельскохозяйственного машиностроения»	г. Астана	12 декабря 2012 г.

Источник: [8].

В 2011 г. создан второй международный центр трансферта технологий – Корейско-Казахстанский центр технологического сотрудничества (ККЦТС), созданный совместно с Фондом Иннополиса (Иннополис-Даедок). Офисы Корейско-Казахстанского центра технологического сотрудничества открыты в г. Астана и г. Тэджон (Республика Корея), в них ведут работу представители каждой из сторон. ККЦТС призван стать каналом для трансферта передовых технологий и компетенций путем поиска необходимых технологий, структурирования и сопровождения совместных проектов.

Кроме трансферта технологий, ККЦТС занимается поиском курсов повышения квалификации казахстанских специалистов в Республике Корея и организацией совместных научных исследований между казахстанскими и корейскими научно-исследовательскими организациями [6].

Таким образом, можно говорить о развитии некоторых важнейших элементов инновационной инфраструктуры в регионах Казахстана, которые, однако, пока не стали в них реальными точками экономического роста.

Характеризуя степень благоприятности экономической и институциональной среды для развития наукоемкой экономики в Казахстане, можно отметить, что совершенствуются меры государственной поддержки развития инноваций. Прежде всего, приняты Законы РК «Об образовании», «О науке», «О государственной поддержке индустриально-инновационной деятельности», «О коммерциализации результатов научной и (или) научно-технической деятельности». Также прорабатываются новые механизмы финансирования инноваций на основе государственно-частного партнерства.

Однако, несмотря на то, что переход к наукоемкой экономике инициируется крупномасштабными государственными программами, такими как Государственная программа форсированного индустриально-инновационного развития, эксперты отмечают достаточно серьезные барьеры на пути перехода к экономике знаний разных регионов Казахстана:

- бизнес не проявляет интереса к инновациям, поскольку в национальной экономике превалирует роль отраслей с низкой наукоемкостью (сырьевой сектор) с относительно высокой доходностью;
- сохраняющаяся вертикальность управления инновациями: они иницииру-

ются «сверху» государством при слабых горизонтальных связях между элементами инновационной инфраструктуры;

● низкая коммерческая ориентация государственных научно-исследовательских сегментов;

● недостаточный уровень развития научной базы и кадровых ресурсов, их разрозненность, а также дублирование научных исследований;

● процессы генерации новых знаний структурно и функционально отделены от процессов их коммерциализации и внедрения в производство, то есть отсутствует интеграционная связь между стадиями жизненного цикла инноваций;

● региональная и отраслевая рассогласованность управления инновационными процессами [7].

Выводы

Таким образом, самыми серьезными факторами, негативно влияющими на развитие наукоемкой экономики в стране, остаются условия институциональной и экономической среды. В связи с этим, на наш взгляд, переход к наукоемкой экономике регионов Казахстана сопровождается достаточно противоречивыми тенденциями, которые не всегда могут быть объективно оценены международными критериями и измерителями. Наиболее значимыми для нашей страны остаются проблемы, связанные с низким спросом на инновации со стороны бизнеса, а также с низким предложением новшеств со стороны отечественного научного сектора. Актуальными также представляются барьеры на пути коммерциализации научных разработок, которые либо не востребованы рынком, либо не имеют должной защиты прав на интеллектуальную собственность, либо испытывают дефицит финансовых ресурсов для доведения их до коммерческого образца.

В целом фундаментальными причинами слабой развитости инноваций в стране можно назвать отсутствие достаточной рыночной конкурентной среды, являющейся движущей силой технологического прогресса, и недостаток налоговых стимулов для субъектов инновационного предпринимательства. Становление целостной национальной инновационной системы в Казахстане должно сопровождаться соответствующим институциональным дизайном, что не раз доказывалось опытом экономически развитых стран.

Для упорядочения национальной инновационной политики и в целях экономии ресурсов необходимо создать общенациональный орган – Офис инновационного развития Казахстана при Президенте РК. Данный институт призван не только формировать инновационные приоритеты страны, но осуществлять все функции управления инновациями на макроуровне: планирование, организация, контроль, мотивация, регулирование и координация. На наш взгляд, целесообразно, чтобы данный Офис был уполномочен уточнять ответственные отраслевые структуры за результаты инновационной деятельности и разрабатывать стратегическую программу региональной инновационной кластеризации. В свою очередь, региональное инновационное развитие предполагает не только использование природно-географического потенциала данной территории, но и создание всех необходимых недостающих базовых элементов инновационной инфраструктуры вокруг университетов. В орбите крупных региональных университетов должны функционировать сотни НИИ и малых старт-ап компаний, напрямую связанных с бизнесом. Под руководством Офиса инновационного развития Казахстана также разрабатываются рекомендации по механизмам государственно-частного партнерства в сфере инноваций и соответствующие законопроекты.

Список литературы

1. Послание Президента РК – Лидера Н.А. Назарбаева народу Казахстана Стратегия «Казахстан-2050» / www.akorda.kz/.kazakhstan.

2. Основы наукоемкой экономики. (Знание – Креативность – Инновации) / Учебник под ред. И.А. Максимцевой. – М.: Креативная экономика», 2010. – С. 19.

3. Аль-Хассан М.А., Максимова В.Ф. Трансформация рынка труда в странах Персидского залива / Монография. – М.: МЭСИ, 2013. – С. 15.

4. Измерение экономики знаний: теория и практика / Под ред. Л.К. Пипия. – М.: Ин-т проблем развития науки РАН, 2008. – С. 61–87.

5. Варшавский А.Е. Наукоемкие отрасли и высокие технологии: определение, показатели, техническая политика, удельный вес в структуре экономики России // Экономическая наука современной России. – 2002. – № 2. – С. 61–82.

6. Обзор инновационного развития Казахстана. Нью-Йорк и Женева: Организации Объединенных Наций. – 2012. – 206 с.

7. Гагина Е.В., Гарабажий В.А., Гартованная О.В. и другие. Проблемы экономики и управления предприятиями, отраслями, комплексами / Монография. – 2015. – С. 280.

8. Комитет по статистике Республики Казахстан [Электронный ресурс]. – URL: www.stat.gov.kz (дата обращения 27.09.2017).

УДК 338.4:303.725.34

МОДЕЛИ ОЦЕНКИ КРИТИЧЕСКОГО ОБЪЕМА ПРОИЗВОДСТВА МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ РЫНОЧНОГО РИСКА

Халиков М.А., Никифорова М.А.

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва, e-mail: mihail.alfredovich@mail.ru, nikiforova_mary@outlook.com

Рассматривается задача определения точки безубыточного (критического) объема производства в приложении к многономенклатурному предприятию, что отличает рассматриваемую постановку задачи от классической, объектом приложения которой является не характерный для практики случай монопродуктового предприятия. В отличие от традиционной постановки задачи, в которой предполагается стабильность рыночных цен на факторы производства и готовую продукцию, в модели оценки критического объема производства многономенклатурного предприятия предлагается дополнительно учитывать риск потери планируемой доходности, что значительно усложняет оптимизационную модель и переводит рассматриваемую задачу в класс NP – полных. Ввиду отсутствия универсальных численных методов решения задач этого класса потребовалось разработать оригинальный алгоритм поиска оптимального решения представленной дискретной задачи нелинейного (выпуклого) программирования большой размерности, описание которого приведено в работе.

Ключевые слова: одно- и многономенклатурные предприятия, критический объем производства, маржинальный доход, управленческий учет, модели «затраты – выпуск», рыночный риск, дискретная задача нелинейного программирования, численные методы решения оптимизационных задач, метод локальной оптимизации

CRITICAL PRODUCTION VOLUME EVALUATION MODELS AT MULTI-PRODUCT ENTERPRISES CONSIDERING MARKET RISK

Khalikov M.A., Nikiforova M.A.

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: mihail.alfredovich@mail.ru, nikiforova_mary@outlook.com

The problem of determining the break – even (critical) production volume point is considered. The classical problem formulation is different from the given where the multi – product enterprise is studied. The considered model distinguishes from the classical one where there is stability in market prices on production factors and finished goods. In estimates of critical production volume, the profitability loss risk is taking into account, what complicates the optimization model and moves the problem into an NP-complete class. This requires the development of an original numerical method which would search for the optimal solution of given discrete non-linear (convex) programming problem of large dimension.

Keywords: single- and multi-product enterprises, critical production volume, marginal income, management accounting, input-output models, market risk, discrete non-linear programming problem, numerical methods of solving optimization problems, local optimization method

В абсолютном большинстве публикаций и по экономике предприятия и, в частности, в работах [2, 3, 7–10] точку безубыточности (критический объем производства) предполагается определять для однономенклатурного производства, исходя из условия покрытия маржинальным доходом только условно-постоянных затрат производственной деятельности:

$$(p-c)^* x_{\text{кр}} = PC, \qquad (1)$$

где p – цена реализации единицы продукта;
c – удельные переменные затраты;
PC – условно-постоянные затраты;
$x_{\text{кр}}$ – критический объем производства.

Если реальный объем $x_{\text{р}}$ производства выше критического ($x_{\text{р}} > x_{\text{к}}$), то предприятие формирует валовой доход величиной $(p-c)^* x_p - PC$, в противном случае чистый убыток составит величину $PC - (p-c)^* x_p$ [7, с. 368; 10, с. 91; 11, с. 68].

В системе учета и планирования затрат директ-костинг соотношение (1) играет фундаментальную роль. Оно позволяет на основе простейших расчетов определить запас финансовой прочности производственной сферы предприятия как функции объема производства, условно – постоянных затрат (эндогенный параметр) и удельного маржинального дохода (экзогенный параметр) [3, с. 64]:

$$\text{ЗФП} = x_p - \frac{PC}{p-c}. \qquad (2)$$

Несложно также определить точку безубыточности для монопродуктового, но многоассортиментного предприятия (например, предприятие агросферы или деревообработки). В ряду выпускаемых таким предприятием продуктов $(i=\overline{1,I})$ выделяют базовый $x_{\text{б}}$ и к нему «привязывают» объемы продукции другой номенклатуры

с использованием следующего основного соотношения многоассортиментного предприятия:

$$\frac{x_i}{x_б} = \frac{d_i}{d_б}, \quad (3)$$

где x_i, $x_б$ – объемы производства соответственно i-го $(i = \overline{1, I})$ и базового изделий;
d_i, $d_б$ – доли в общем объеме выпускаемой продукции (в натуральном выражении) соответственно i-го и базового изделий.

$$x_i = \frac{d_i}{d_б} * x_б \to \sum_{i=1}^{I} d_i = 1; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{I} (p_i - c_i) * \frac{d_i}{d_б} * x_б \geq PC \to$$

$$\to x_б \geq \frac{PC * d_б}{\sum_{i=1}^{I} (p_i - c_i) * d_i}, \quad (5)$$

где PC – условно-постоянные затраты многоассортиментного предприятия.

Рассмотрим постановку задачи определения критического объема производства для многопродуктового предприятия (общий случай) с учетом риска отклонения доходности изделий производственной программы от планируемых значений (постановка задачи выбора оптимального варианта производственной деятельности предприятия с учетом рыночного риска приведена в работе М.А. Перцевой [5, с. 10]).

Запишем модель многономенклатурного производства в следующем виде:

$$VD = \sum_{i=1}^{I} (\overline{p_i} - \overline{c_i}) * x_i \to \max; \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{I} tr_{ik} * x_i \leq Tr_k, k = \overline{1, K}; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{I} \overline{c_i} * x_i \leq OK; \quad (8)$$

$$\underline{x_i} \leq x_i \leq Sp_i \ , i = \overline{1, I} \ ; \quad (9)$$

$$\sum_{i_1=1}^{I} \sum_{i_2=1}^{I} x_{i_1} * x_{i_2} * \delta_{i_1} * \delta_{i_2} * \operatorname{cov}(i_1; i_2) \leq$$

$$\leq 2 * \overline{\delta}^2 * \left(\sum_{i=1}^{I} x_i \right)^2 ; \quad (10)$$

$$x_i \in Z+ \ , i = \overline{1, I} \ , \quad (11)$$

где VD – значение валового дохода (критерий в рассматриваемой модели «затраты – выпуск»);
I – число изделий производственной программы;
i, i_1, i_2 – индекс изделий производственной программы;
$\overline{p_i}, \overline{c_i}$ – средние за наблюдаемый период соответственно рыночная цена и удельные переменные затраты на производство i-го изделия;
$(\overline{p_i} - \overline{c_i})$ – планируемый удельный маржинальный доход реализации i-го изделия;
K – число технологических операций, учитываемых в модели;
tr_{ik} – технологическая трудоемкость производства i-го изделия на k-й операции;
Tr_k – эффективное время работы оборудования на k-й операции;
OK – оборотный капитал, авансируемый в покрытие переменных затрат производственной деятельности;
$\underline{x_i}$ – минимальный (технологически обоснованный) объем производства i-го изделия;
Sp_i – рыночный спрос на i-ое изделие;
δ_i – дисперсия маржинального дохода продукции i-го вида за период наблюдения;
$\operatorname{cov}(i_1; i_2)$ – ковариация доходностей продукции с индексами i_1 и i_2 за период наблюдения;
$\overline{\delta}$ – пороговое (максимально допустимое) значение риска производственной программы.

Экзогенными параметрами модели (6)–(11) являются параметры, определяемые рыночной конъюнктурой: $\overline{p_i}$, $\overline{c_i}$, Sp_i. Эндогенными (управляемыми) параметрами являются: $Tr_k \left(k = \overline{1, K}\right)$, OK, $\overline{\delta}$. Для фиксированных значений экзогенных параметров решение оптимизационной задачи (6)–(11) – вектор $\overline{X}^{(0)} = \left(x_1^{(0)}, \ldots, x_I^{(0)}\right)$ – позволяет определить финансовый результат производственной сферы предприятия как значение критерия $VD^{(0)} = \sum_{i=1}^{I} \left(\overline{p_i} - \overline{c_i}\right) * x_i^{(0)}$, зависящее от заданной комбинации управляемых параметров $Tr_k \left(k = \overline{1, K}\right)$, OK, $\overline{\delta}$ (так как неравенства – ограничения (7), (8), (10) равнонаправлены, то можно утверждать, что $VD^{(0)}$ монотонно возрастает по каждому управляемому параметру).

Точка безубыточности многономенклатурного производства определяется из условия

$$VD^{(0)} \left(\overline{T_r}, OK, \overline{\delta}\right) \leq PC. \quad (12)$$

Для многономенклатурного предприятия соответствующая критическому уровню производства производственная программа $\overline{X}^{(0)} = \left(x_1^{(0)}, \ldots, x_I^{(0)}\right)$ определяется как решение задачи (6)–(11) с критерием, значение которого удовлетворяет условию (12).

Кратко остановимся на численном алгоритме решения нелинейной дискретной задачи большой размерности (6)–(11). Известно, что эта задача относится к NP – полным, отличающимися отсутствием универсальных численных алгоритмов поиска оптимального решения [4, с. 476]. По этой причине прибегают к алгоритмам, учитывающим специфику критерия и/или системы ограничений, а также особенности математической формализации задачи.

Рассмотрим модель выпуклого (в данном случае, квадратичного) программирования (6)–(10) в непрерывной постановке: ограничение (11) целочисленности оптимального решения заменяется на ограничение неотрицательности переменных x_i:

$$x_i \geq 0, i = \overline{1, I}. \qquad (11')$$

Заметим, что и функционал (6), и ограничений (7)–(10), (11') задаются выпуклыми, дважды дифференцируемыми функциями, а следовательно, необходимым условием оптимальности точки $\bar{X}^{(0)} = \left(x_1^{(0)}, \ldots, x_I^{(0)}\right)$ является выполнение условий экстремума в этой точке соответствующей модели (6)–(10), (11') функции Лагранжа $L\left(\bar{X}; \bar{\lambda}^{(1)}, \lambda_2, \bar{\lambda}^{(3)}, \lambda_4\right)$:

$$L\left(\bar{X}; \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4\right) = -\sum_{i=1}^{I} (\overline{p_i} - \overline{c_i}) * x_i + \sum_{k=1}^{K} \lambda_k^{(1)} * (Tr_k - \sum_{i=1}^{I} tr_{ik} * x_i - t_k^{(1)}) +$$

$$+\lambda_2 * \left(OK - \sum_{i=1}^{I} \overline{c_i} * x_i - t_2 \right) + \sum_{i=1}^{I} \lambda_i^{(3)} * \left(Sp_i - x_i - t_i^{(3)} \right) +$$

$$+\lambda_4 * \left(2 * \bar{\delta}^2 (\sum_{i=1}^{I} x_i)^2 - \sum_{i_1=1}^{I} \sum_{i_2=1}^{I} x_{i_1} * x_{i_2} * \delta_{i_1} * \delta_{i_2} * \operatorname{cov}(i_1; i_2) - t_4 \right). \qquad (13)$$

В силу отмеченной выше специфики рассматриваемой модели, заключающейся в выпуклости области допустимых решений (удовлетворяющих равнонаправленным ограничениям (7)–(10)) и линейной форме критерия (6), можно утверждать, что экстремум функции Лагранжа (13) определяет единственное оптимальное решение задачи (6)–(10), (11').

Для его поиска, учитывая выпуклость множества допустимых решений, можно предложить следующий численный метод, ранее использованный в работе М.А. Халикова [6, с. 290] и более поздних работах его учеников: М.А. Перцевой [5, с. 14] и Д.А. Безухова [1, с. 12].

Определим базисные решения системы линейных неравенств (7)–(9), удовлетворяющие дополнительному условию (7): $\overline{X_1}, \ldots, \overline{X_r}, \ldots, \overline{X_R}$, где R – число отобранных решений (планов), а m – индекс плана. Пусть μ_r – интенсивность (вес) плана r в оптимальной производственной программе, получаемой простым объединением опорных (базисных) планов:

$$\bar{X}^{(0)} = \bigcup_{r=1}^{R} \mu_r^* \ \overline{X_r} \ . \qquad (14)$$

Набор весов $\{\mu_r\}$ найдем как решение следующей задачи линейного программирования:

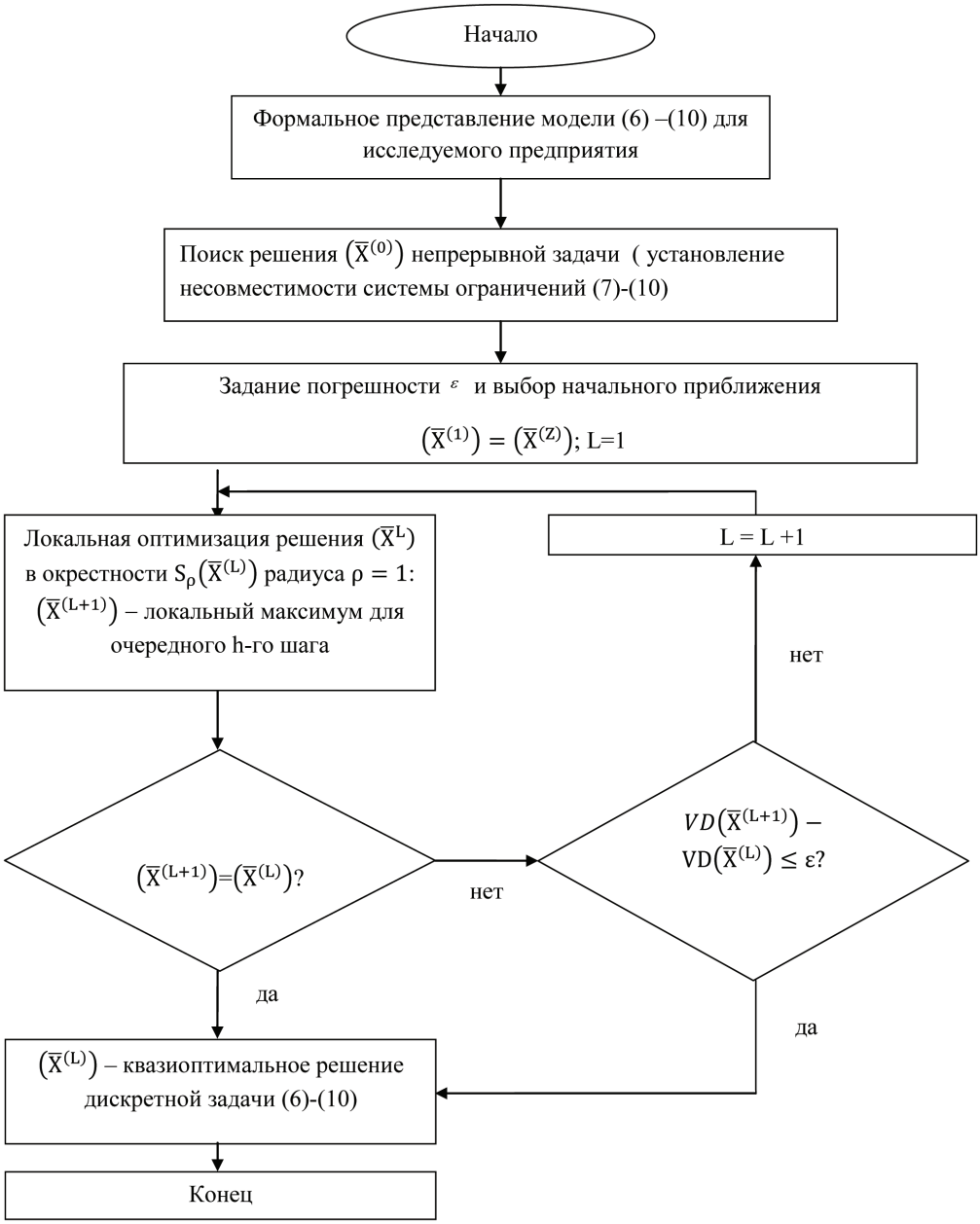
$$\sum_{r=1}^{R} \mu_r * \sum_{i=1}^{I} (\overline{p_i} - \overline{c_i}) * x_{r,i} \to \max; \qquad (15)$$

$$\sum_{r=1}^{R} \mu_r = 1; \qquad (16)$$

$$\mu_r \geq 0, r = \overline{1, R}. \qquad (17)$$

Дискретизацию полученного решения $\bar{X}^{(0)}$ непрерывной задачи (14)–(17) проведем с использованием алгоритма локальной оптимизации, предложенного в цитируемой работе М.А. Халикова [5]. Идея метода заключается в поиске методом последовательных приближений квазиоптимального решения дискретной задачи в ε – окрестности решения непрерывной задачи с последующей оценкой его точности (блок-схема алгоритма представлена на рисунке и соответствует приведенной в работе [1]).

Приведем некоторые комментарии к численному алгоритму, касающиеся метода локальной оптимизации полученного на втором шаге оптимального решения $\bar{X}^{(0)}$ непрерывной задачи (6)–(11). В качестве первого приближения к квазиоптимальному решению целочисленной задачи выбираем вектор с компонентами $\left(x_i^{(1)}\right) = \left[x_i^{(0)}\right] \left(i = \overline{1, I}\right)$.



Численный алгоритм поиска квазиоптимального решения дискретной задачи (6)–(10)

Процесс локальной оптимизации связан с перебором точек единичной (в евклидовой метрике) окрестности $S\left(\overline{X}^{(1)}\right)$ точки $\left(\overline{X}^{(1)}\right)$ с целочисленными компонентами $\left(x_i^{(1)}\right)=\left[x_i^{(0)}\right]\left(i=\overline{1,I}\right)$: определяется допустимое решение $\left(\overline{X}^{(2)}\right)$ для очередного шага такое, что $VD\left(\overline{X}^{(2)}\right)=\max\left\{VD\left(\overline{X}\right)|\left(\overline{X}\right)\in S\left(\overline{X}^{(1)}\right)\right\}$. Если $\left(\overline{X}^{(2)}\right)=\left(\overline{X}^{(1)}\right)$, то полученное на предыдущем шаге решение $\left(\overline{X}^{(1)}\right)$ – локальный максимум задачи. Если $VD\left(\overline{X}^{(2)}\right)>VD\left(\overline{X}^{(1)}\right)$, то переходим к следующему шагу, принимая $\left(\overline{X}^{(2)}\right)$ за очередную начальную точку, и т.д. Длительность итеративного процесса зависит от задаваемой исследователем точности ε квазиоптимального решения.

$\left(\overline{X}^{(L+1)}\right)$ – квазиоптимальное решение задачи (6)–(11), если выполняется неравенство

$$\left|VD\left(\overline{X}^{(L+1)}\right)-VD\left(\overline{X}^{(L)}\right)\right|\le\varepsilon.$$

Ценность приведенных моделей и численных методов заключается в решении важной научно-практической задачи опре-

деления точки безубыточного производства многономенклатурного производства с учетом рыночного риска. Полученный результат дополняет неоклассическую теорию производства в части совершенствования подходов к оценке эффективности и рыночной устойчивости производственной сферы предприятий корпоративного сектора экономики.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ р 17-06-00457.

Список литературы

1. Безухов Д.А. Модели и методы оптимального управления оборотным капиталом производственной сферы предприятия в условиях нестабильных рынков: автореф. дис. … канд. экон. наук: 08.00.13 / Безухов Дмитрий Александрович; [Место защиты: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана]. – Москва, 2015. – 24 с.

2. Бригхэм Ю., Эрхардт М. Финансовый менеджмент: учеб. пос. – М: «Питер», 2009. – 960 с.

3. Булышева Т.С. Моделирование рыночной стратеги предприятия: курс лекций / Т.С. Булышева, К.А. Милорадов, М.А. Халиков. – М.: Экзамен, 2009. – 248 с.

4. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач: учеб. пос. для вузов / Ф.П. Васильев. – М.: Наука, 1980. – 520 с.

5. Перцева М.А. Модели и методы оптимального управления инвестициями в оборотный капитал промышленного предприятия: автореф. дис. … канд. экон. наук: 08.00.13 / Перцева Мария Анатольевна; [Место защиты: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ)]. – Москва, 2014. – 24 с.

6. Халиков М.А. Дискретная оптимизация планов повышения надежности функционирования экономических систем / Финансовая математика. Сб. статей. – М.: МГУ, 2001. – С. 281–295.

7. Халиков М.А., Цутлевич В.Н. Определение критического размера фирмы в условиях падения объемов производства / Финансовая математика. Сб. статей. – М.: МГУ, 2001. – С. 368–378.

8. Шеремет А.Д. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия. – М.: Инфра-М, 2011. – 367 с.

9. Экономика организации (предприятия): учебник / под ред. проф. Н.А. Сафронова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Магистр, 2009. – 684 с.

10. Экономика предприятия и управление организацией: учебное пособие / под ред. О.В. Григоренко. – М.: Русайнс, 2017. – 266 с.