

---

---

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

---

---

№ 7 2015  
Часть 2

ISSN 1812-7339

Журнал издается с 2003 г.

Электронная версия: [www.fr.rae.ru](http://www.fr.rae.ru)

Правила для авторов: [www.rae.ru/fs/rules](http://www.rae.ru/fs/rules)

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 33297

**Главный редактор**

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

**Зам. главного редактора**

*Бичурин Мирза Иммамович, д.ф.-м.н., профессор*

**Ответственный секретарь редакции**

*Бизенкова Мария Николаевна*

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

д.т.н. 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. (Ульяновск), д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва), д.п.н., проф. Микерова Г.Ж. (Краснодар), д.т.н., проф. Пачурин Г.В. (Нижний Новгород), д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск), д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск), д.т.н., проф., к.ф.-м.н. Мишин В.М. (Пятигорск), д.э.н., проф. Савон Д.Ю. (Ростов-на-Дону), 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)

---

Журнал «Фундаментальные исследования» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. **Свидетельство – ПИ № 77-15598.**

Все публикации рецензируются.  
Доступ к журналу бесплатен.

Журнал представлен в **Научной электронной библиотеке (НЭБ)** – головном исполнителе проекта по созданию Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). Место в общем рейтинге **SCIENCE INDEX за 2013 год – 207** (из 3009 индексируемых РИНЦ журналов).

Журнал включен в **«Перечень рецензируемых научных изданий»**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

---

Ответственный секретарь редакции –  
*Бизенкова Мария Николаевна* – +7 (499) 705-72-30  
E-mail: **edu@rae.ru**  
Почтовый адрес  
г. Москва, 105037, а/я 47 АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ,  
редакция журнала «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»  
Учредитель – МОО «Академия Естествознания»  
Издательство и редакция: Издательский Дом «Академия Естествознания»  
Типография ИД «Академия Естествознания», г. Саратов, ул. Мамантовой, 5

Подписано в печать 17.08.2015  
Формат 60x90 1/8  
Технический редактор Кулакова Г.А.  
Корректор Галенкина Е.С.  
Усл. печ. л. 26,63.  
Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2015/7

## СОДЕРЖАНИЕ

**03.01.00 Физико-химическая биология**

ОРГАНИЗАЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У СТУДЕНТОВ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Андреанов В.В., Василюк Н.А., Бирюкова Е.В.</i> .....	235
РЕЗУЛЬТАТЫ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ <i>Гладышева Е.К.</i> .....	240
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВНУТРИВИДОВЫХ СКРЕЩИВАНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКОТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ <i>Иозус А.П., Морозова Е.В.</i> .....	245
ВЛИЯНИЕ СВЕКЛОВИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН И СТЕВИОЗИДА НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА ПРЯНИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ <i>Карачанская Т.А., Красина И.Б., Кожина А.С., Харченко Е.О.</i> .....	249
ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИННОГО ШТАММА SACCHAROMYCES CEREVISIAE Y-3980 <i>Котенко С.Ц., Халилова Э.А., Исламмагомедова Э.А., Аливердиева Д.А.</i> .....	255
ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ АДАПТАЦИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР СОСНЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ <i>Морозова Е.В., Иозус А.П.</i> .....	260
РОЛЬ ПОЛИМОРФИЗМА RS1333049 ХРОМОСОМЫ 9P21.3 В РАЗВИТИИ ОСТРОГО НАРУШЕНИЯ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ <i>Никулин Д.А., Никулина С.Ю., Шульман В.А., Чернова А.А., Третьякова С.С.</i> .....	263
АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА ПРОБ АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ И ПИВА НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ <i>Ребезов М.Б., Чупракова А.М.</i> .....	267
СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА И МАРКЁРЫ ДИСФУНКЦИИ ЭНДОТЕЛИЯ У ЖЕНЩИН С АБДОМИНАЛЬНЫМ ОЖИРЕНИЕМ <i>Сумеркина В.А.</i> .....	271
ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ЭДИЛЬБАЕВСКИХ ОВЦЕМАТОК И ЯГНЯТ В БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Хисметов И.И., Воробьев Д.В.</i> .....	275

**05.02.00 Машиностроение и машиноведение**

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДОРОДА ВЫСОКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ДЛИТЕЛЬНОМУ ПРОЧНОСТЬ МНОГОСЛОЙНЫХ СОСТАВНЫХ ОБОЛОЧЕК В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ <i>Белов А.В., Поливанов А.А., Неумоина Н.Г.</i> .....	279
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ПНЕВМОПРИВОДА РОБОТА <i>Дао Тхе Ань, Сидоренко В.С.</i> .....	285
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ ПРЕСС-ФОРМЫ ПРИ ИНЖЕКЦИОННОМ ЛИТЬЕ ЛОПАТОК ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Степаненко И.С., Хаймович И.Н.</i> .....	293

НОВЫЙ ПОЛИМЕРНЫЙ КОНТЕЙНЕРНЫЙ УТЯЖЕЛИТЕЛЬ  
МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

*Тарасенко А.А., Редутинский М.Н.* ..... 298

**05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление**

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ ИНВЕРТОР

*Абрамова Е.С., Михеенко А.М., Гусельников А.С., Павлов И.И.* ..... 304

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ  
ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИМИ АГРЕГАТАМИ НА ОСНОВЕ ИНДЕКСА  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И СТЕПЕНИ РИСКА

*Гаврилюк Е.А., Манцеров С.А., Панов А.Ю.* ..... 309

МОДЕЛЬ МИГРАЦИИ ПУЗЫРЬКОВ ГАЗА В КУПОЛЕ, НАПОЛНЕННОМ СОЛЯРКОЙ

*Кильдибаева С.Р.* ..... 314

ВЫВОД УРАВНЕНИЯ МЕРИДИАНА КРУГОВОГО ТЕНТОВОГО ШАТРА

*Кудрявцева В.И., Удлер Е.М.* ..... 318

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МНОГОЭТАПНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ  
НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

*Кулягин В.А., Царев Р.Ю., Капулин Д.В., Пупков А.Н., Кукарцев В.В.* ..... 323

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ  
МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Ломакина Л.С., Соловьева И.В., Зеленцов С.А.* ..... 328

СИТУАЦИОННО-ФРЕЙМОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЧИН  
ВОЗНИКНОВЕНИЯ УТЕЧЕК ПРИРОДНОГО ГАЗА

*Лытаев Е.П.* ..... 333

УПРАВЛЕНИЕ КОНТЕНТОМ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО  
ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Миасова Н.С., Тархов С.В., Тархова Л.М.* ..... 338

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОЙ  
ФИЛЬТРОВЕНТИЛЯЦИИ

*Некрасов И.Н., Моторин В.М., Глуханов А.С.* ..... 343

**05.26.00 Безопасность деятельности человека**

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ  
АВИАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ

*Федоренко В.С., Галушка С.А., Семоненко Ю.Ф.* ..... 348

**08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством**

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА НАСЕЛЕНИЯ  
В ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

*Абдулмананов П.Г., Галбацдибирова М.А.* ..... 354

ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

*Аникина И.Д., Кусмарцева Ю.В., Афова З.А.* ..... 360

РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНОЙ КРЕАТИВНОСТИ – НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЯ <i>Воронкова А.А., Чайковская Н.А.</i> .....	366
ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН: ПУТИ ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ <i>Гатауллин Р.Ф., Нусратуллин В.К.</i> .....	371
О КРИТЕРИЯХ И ПОКАЗАТЕЛЯХ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА <i>Графов А.В., Моисеев А.Д., Графова Г.Ф., Шахватова С.А.</i> .....	376
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ИНТЕГРАЦИИ БИЗНЕСА В САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ СФЕРЕ <i>Дробышевская Л.Н., Саломатина Е.В.</i> .....	382
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАБОРА ПЕРСОНАЛА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩИХ ВЫСОКОПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНЖИНИРИНГОВЫЕ УСЛУГИ <i>Завадский Д.Ю.</i> .....	387
ПОДГОТОВКА И ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОЧИХ МАССОВЫХ ПРОФЕССИЙ В ДОРОЖНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ШКОЛАХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УРАЛА В 1950–1980-Е ГГ. <i>Конов А.А.</i> .....	394
ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ РИСКОВ КОСМИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ <i>Латышченко Г.И., Сычева Е.М., Анищенко Ю.А.</i> .....	403
МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МНОГОСЕКТОРНОЙ ЭКОНОМИКИ <i>Лебедев В.И., Лебедева И.В.</i> .....	408
СИНЕРГЕТИКА КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ <i>Лисичкина Н.В., Голоктионова Ю.Г.</i> .....	413
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2011–2013 ГГ. <i>Минин Д.Л.</i> .....	418
УПРАВЛЕНИЕ КОЕЧНЫМ ФОНДОМ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В ГОРОДСКОЙ МНОГОПРОФИЛЬНОЙ БОЛЬНИЦЕ <i>Орлов А.Е.</i> .....	424
ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКЦИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ КЛУБОВ <i>Титов В.А., Вейнберг Р.Р., Литвишко О.В.</i> .....	428
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КУРСА РУБЛЯ ОТ ЦЕНЫ НА НЕФТЬ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НАЛОГОВОГО ПЕРИОДА <i>Феклин В.Г., Шевелев А.Ю.</i> .....	433
ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ АПК РЕГИОНА <i>Черданцев В.П., Заглядова М.Х.</i> .....	436

---

**CONTENTS**
**03.01.00 Physical and chemical biology**

ORGANIZATION OF PHYSIOLOGICAL PROCESSES THE STUDENTS DURING COGNITIVE ACTIVITY <i>Andrianov V.V., Vasilyuk N.A., Biryukova E.V.</i> .....	235
BACTERIAL CELLULOSE X-RAY STUDY RESULTS <i>Gladysheva E.K.</i> .....	240
MAIN RESULTS OF INTRASPECIFIC INTERBREEDING OF CLIMATIC ECOTYPES OF PINE IN THE LOWER VOLGA REGION <i>Iozus A.P., Morozova E.V.</i> .....	245
INFLUENCE BEET FIBER AND STEVIOSIDE ON CONSUMER PROPERTIES OF GINGERBREAD PRODUCTS <i>Karachanskaya T.A., Krasina I.B., Kozhina A.S., Kharchenko E.O.</i> .....	249
PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WINE STRAIN SACCHAROMYCES CEREVISIAE Y-3980 <i>Kotenko S.T., Khalilova E.A., Islammagomedova E.A., Aliverdieva D.A.</i> .....	255
FEATURES OF ADAPTATION PROCESSES GEOGRAPHICAL CROPS OF PINE SECOND GENERATION IN CONDITIONS OF DRY STEPPE THE LOWER VOLGA REGION <i>Morozova E.V., Iozus A.P.</i> .....	260
THE ROLE OF RS1333049 POLYMORPHISM OF CHROMOSOME 9P21.3 IN THE DEVELOPMENT OF STROKE <i>Nikulin D.A., Nikulina S.Y., Shulman V.A., Chernova A.A., Tretyakova S.S.</i> .....	263
THE ANALYSIS OF THE MONITORING RESULTS OF SAMPLES OF ALCOHOLIC DRINKS AND BEER ON THE CONTENT OF HEAVY METALS <i>Rebezov M.B., Chuprakova A.M.</i> .....	267
THE HEMOSTATIC SYSTEM AND MARKERS OF ENDOTHELIAL DYSFUNCTION IN WOMEN WITH ABDOMINAL OBESITY <i>Sumerkina V.A.</i> .....	271
THE HEMATOLOGIC STATUS OF EDILMESI EWES AND LAMBS IN BIOGEOCHEMICAL CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION <i>Khismetov I.I., Vorobev D.V.</i> .....	275

**05.02.00 Machine building and engineering**

HIGH PARAMETER HYDROGEN AFFECTS ON THE LONG-TERM STRENGTH OF THE MULTI-LAYER COMPOSITE SHELLS UNDER THE TEMPERATURE CREEP <i>Belov A.V., Polivanov A.A., Neumoina N.G.</i> .....	279
THE STUDY OF THE DYNAMICAL SYSTEM HIGH-SPEED PNEUMATIC ROBOT POSITION <i>Dao The Anh, Sidorenko V.S.</i> .....	285
STUDY OF MOLD FILLING PROCESS OF POLYMER COMPOSITE BLADES MADE BY INJECTION MOLDING <i>Stepanenko I.S., Khaymovich I.N.</i> .....	293
NEW POLYMER CONTAINER BALLAST WEIGHTS FOR MAIN PIPELINE <i>Tarassenko A.A., Redutinskiy M.N.</i> .....	298

### 05.13.00 Informatics, computer facilities and management

PARALLEL RESONANCE INVERTER <i>Abramova E.S., Mikheenko A.M., Guseynikov A.S., Pavlov I.I.</i> .....	304
THE FAILURE PREDICTION OF AUTOMATIC GAS-COMPRESSOR UNIT CONTROL SYSTEMS ON BASIS OF TECHNICAL STATE INDEX AND MEASURE OF RISK <i>Gavrilyuk E.A., Mantserov S.A., Panov A.Y.</i> .....	309
MODEL MIGRATION OF GAS BUBBLES IN THE DOME, FILLED WITH DIESEL FUEL <i>Kildibaeva S.R.</i> .....	314
DERIVATION OF THE EQUATION OF A CIRCULAR TENT'S MERIDIAN <i>Kudryavtseva V.I., Udler E.M.</i> .....	318
CONCEPTUAL MODEL OF MULTI-STAGE INTEGRATED ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF AUTOMATED ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEMS <i>Kulyagin V.A., Tsarev R.Y., Kapulin D.V., Pupkov A.N., Kukartsev V.V.</i> .....	323
METHODOLOGICAL ASPECTS OF DIAGNOSING THE STATE OF MULTI-DIMENSIONAL OBJECTS <i>Lomakina L.S., Soloveva I.V., Zelentsov S.A.</i> .....	328
SITUATIONAL AND FRAME MODEL FOR IDENTIFICATION OF THE REASONS OF EMERGENCE OF LEAK OF NATURAL GAS <i>Lytaev E.P.</i> .....	333
CONTENT MANAGEMENT SUBJECT MATTER IN THE E-LEARNING SYSTEM BASED ON THE METHOD OF STRUCTURING IMAGES <i>Minasova N.S., Tarkhov S.V., Tarkhova L.M.</i> .....	338
MATHEMATICAL MODEL DIAGNOSIS CATERS FILTRATION SYSTEMS <i>Nekrasov I.N., Motorin V.M., Glukhanov A.S.</i> .....	343

### 05.26.00 Safety of activity of the person

ON THE ESTIMATE OF THE LEVEL OF PROFESSIONAL TRAINING OF AVIATION PERSONNEL USING TECHNICAL MEANS OF EDUCATION <i>Fedorenko V.S., Galushka S.A., Semonenko Y.F.</i> .....	348
---	-----

### 08.00.05 Economy and management of a national economy

PECULIARITIES OF POPULATION REPRODUCTION IN THE MOUNTAINOUS AREAS OF DAGESTAN REPUBLIC <i>Abdulmanapov P.G., Galbatsdibirova M.A.</i> .....	354
PERSPECTIVES OF INNOVATION DEVELOPMENT OF THE PROCESSING INDUSTRY BASED ON THE TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL MODERNIZATION <i>Anikina I.D., Kusmartseva Y.V., Afova Z.A.</i> .....	360
DEVELOPMENT OF SOCIAL CREATIVITY IS A NECESSARY CONDITION OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT ENTREPRENEUR <i>Voronkova A.A., Chaykovskaya N.A.</i> .....	366
FOOD SECURITY THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN: WAYS OF ITS SOFTWARE <i>Gataullin R.F., Nusratullin V.K.</i> .....	371

---

CRITERIA AND INDICATORS OF REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT <i>Grafov A.V., Moiseev A.D., Grafova G.F., Shakhvatova S.A.</i> .....	376
BUSINESS INTEGRATION MANAGEMENT IN THE SANATORIUM AND RESORT SPHERE <i>Drobyshevskaya L.N., Salomatina E.V.</i> .....	382
STUDY OF RECRUITMENT OF AN ENTERPRISE PROVIDES HIGHLY ENGINEERING SERVICES <i>Zavadskiy D.Y.</i> .....	387
THE TRAINING AND IMPROVEMENT OF PROFESSIONAL SKILL OF THE RAILWAY WORKERS IN THE TECHNICAL SCHOOLS OF RAILWAY TRANSPORT IN THE URALS IN 1950–1980 <i>Konov A.A.</i> .....	394
ASSESSMENT AND MONITORING OF RISKS OF SPACE PROJECTS <i>Latyshenko G.I., Sycheva E.M., Anischenko Y.A.</i> .....	403
FUNCTIONING MODELS OF THE MULTISECTOR ECONOMY ENTERPRISES <i>Lebedev V.I., Lebedeva I.V.</i> .....	408
SYNERGETICS AS A WAY TO SOLVE THE PROBLEM OF FORECASTING COMPLEX SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS DEVELOPMENT <i>Lisichkina N.V., Goloktionova Y.G.</i> .....	413
THE ANALYSIS OF DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF SMALL ENTERPRISE IN THE NOVGOROD REGION FOR 2011–2013 <i>Minin D.L.</i> .....	418
MANAGEMENT AS A TOOL BEDSPACE IMPROVING QUALITY OF CARE THE CITY HOSPITAL <i>Orlov A.E.</i> .....	424
EQUITY OF PROFESSIONAL SPORT CLUBS INVESTMENT HIGHLIGHTS <i>Titov V.A., Veynberg R.R., Litvishko O.V.</i> .....	428
MODELLING OF DEPENDENCE OF RUBLE EXCHANGE RATE ON THE PRICE OF OIL TAKING INTO ACCOUNT INFLUENCE OF THE TAX PERIOD <i>Feklin V.G., Shevelev A.Y.</i> .....	433
THE FACTORS INFLUENCING MANAGEMENT EFFICIENCY OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REGION <i>Cherdantsev V.P., Zaglyadova M.K.</i> .....	436

УДК 612.804

**ОРГАНИЗАЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ У СТУДЕНТОВ  
ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ****Андрианов В.В., Василюк Н.А., Бирюкова Е.В.***ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет  
имени И.М. Сеченова» Минздрава России, Москва, e-mail: avvn2010@mail.ru*

В работе изучалась динамика ряда психофизиологических показателей и показателей кровообращения у студентов в процессе осуществления когнитивной учебной деятельности. Учебное задание состояло из решения 30 тестовых компьютерных вопросов разной степени сложности по курсу нормальной физиологии, представленных в трех вариантах построения. Время решения вопросов тестов не ограничивалось. После выполнения задания на экране монитора появлялась общая оценка результата – «задание выполнено» или «задание не выполнено». При анализе полученных данных выявлены «функциональные сопряженные пары», компоненты которых включали показатели variability сердечного ритма, гемодинамические и психофизические показатели, а также время и эффективность выполнения учебного задания. В процессе выполнения испытуемыми учебного задания сопряженные пары в большинстве случаев оставались устойчивыми. Наряду с ними, у испытуемых наблюдался как распад пар, существовавших до процедуры компьютерного учебного тестирования, так и возникновение новых пар. При этом у более результативных испытуемых, в отличие от менее результативных, до выполнения задания имело место большее количество устойчивых сопряженных пар. Можно предположить, что преобладание устойчивых сопряженных пар указывает на более широкое взаимодействие центров психических и вегетативных функций, участвующих в обеспечении успешной когнитивной деятельности.

**Ключевые слова:** гемодинамика, variability сердечного ритма, тестирование**ORGANIZATION OF PHYSIOLOGICAL PROCESSES  
THE STUDENTS DURING COGNITIVE ACTIVITY****Andrianov V.V., Vasilyuk N.A., Biryukova E.V.***Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, e-mail: avvn2010@mail.ru*

Haemodynamic and psycho-physiological status of the medical students during mentality activity before and after solving 30 multiple choice computer questions were explored. The time of solving tests did not limited. After solving the tests the result was shown on monitor. It was shown, that the more resulted students solving of the multiple choice questions attained by changing less numbers of the physiological parameters. On the other hand, the «conjugated functional pairs» were exposed. These pairs included parameters of the heart rhythm, haemodynamic and psychophysiological parameters, time and effectiveness of solving tests. During solving tests the greater part of conjugated functional pairs stayed stable. Another part of these pairs destroyed. Parallel with these changes the formation of the new conjugated functional pairs were observed. More resultative students had more stable pairs before solving tests than less resultative students. From investigational psychophysiological parameters the index of simple sensorimotor reaction is most widely engaged in forming of the conjugated functional pairs in more successful students. We can suppose that predominance of more stable conjugated functional pairs points at more wide interaction of vegetative and psychological centres which ensure the successful cognitive activity.

**Keywords:** haemodynamics, heart rhythm, test questions

Психофизиологическое состояние студентов и его вегетативное обеспечение в процессе учебной деятельности на протяжении года является важнейшим показателем адаптационных процессов учащихся в высшей школе [3, 5, 11]. Согласно представлениям о системной организации физиологических функций, разработанным академиком П.К. Анохиным, целенаправленная деятельность человека осуществляется при постоянной связи психических и физиологических функций организма [1]. Психическая и двигательная активность – суть внутреннее содержание и внешнее проявление поведения человека [10]. Реакцией психических функций

в процессе занятия является результативность выполнения учащимися учебного тестового задания. Вместе с тем в обеспечении поведения активно участвует вегетативная нервная система, регулируя работу внутренних органов и метаболизм тканей. В настоящее время одна из вегетативных функций, а именно кровообращение, рассматривается в качестве обобщенного показателя состояния и деятельности аппаратов управления организма в целом [4].

**Целью исследования** было изучение динамики некоторых психофизиологических, сердечно-сосудистых и поведенческих показателей в процессе выполнения студентами учебного компьютерного задания.

### Материалы и методы исследования

Обследовано 32 студента-медика: 16 юношей и 16 девушек в возрасте 19–22 лет. Для решения задач исследовались:

1. Психофизиологические показатели – определение право-левополушарного доминирования по тесту «художник-мыслитель», определение психологической установки по Айзенку, определение личностной и ситуационной тревожности по Спилбергеру, выполнение сенсомоторных задач. Сенсомоторными задачами являлись, во-первых, простая сенсомоторная реакция, во-вторых, реакция надвигающийся объект.

2. Гемодинамические показатели: частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), систолического артериального давления (СД, мм рт.ст.), диастолического давления (ДД, мм рт.ст.), среднего динамического давления (СДД, мм рт.ст.), пульсового давления (ПД, мм рт.ст.), ударного объема (УО, мл), минутного объема кровотока (МОК, мл/мин), периферического сопротивления сосудов (ПСС, (дин·с)·см<sup>-5</sup>). Определения проводились до и сразу после выполнения задания.

3. Интегральные показатели ритма сердца в процессе регистрации кардиоинтервалограммы в течение пяти минут до и сразу после решения тестового задания. Анализ сердечного ритма проводился путем оценки его статистической структуры – построение вариационных кривых и скатерграмм, показывающих значение дисперсии кардиоинтервалов («кучности»), определение среднеквадратичного отклонения (SDNN, мс) и различие между длительностью соседних кардиоинтервалов (RMSSD, мс), коэффициента вариации (CV, %), числа кардиоинтервалов, различающихся более чем на 50 мс (pNN50, %), и амплитуды моды (AMo50, %). Оценка периодических компонентов кардиоинтервалов производилась в трех диапазонах: высокочастотные колебания 0,5–0,15 Гц (HF, %), низкочастотные колебания 0,15–0,05 Гц (LF, %), сверхнизкочастотные колебания 0,05–0,015 Гц (VLF, %). В работе рассчитывались индекс централизации IC = HF + LF/VLF, а также стресс-индекс напряжения (SI, у.е.). Заключение по анализу кардиоинтервалограмм составлялись в соответствии с методикой для лиц, возраст которых был не менее 16 лет. В работе использовался аппаратно-программный комплекс «Варикард».

Перед выполнением задания студентам давалась инструкция по решению тестов. Само учебное задание состояло из последовательного решения 30 тестовых компьютерных вопросов разной степени сложности по курсу нормальной физиологии, представленных в трех вариантах построения. Каждый вопрос имел один или несколько правильных ответов. Время решения вопросов тестов не ограничивалось. После выполнения задания на экране монитора появлялся процент правильных ответов и общая оценка результата – «задание выполнено» или «задание не выполнено». Задание считалось выполненным, если количество всех правильных ответов равнялось 50% и более. Обработка материала проводилась пакетом программ «Statistica 6». В работе использовались: критерии Стьюдента, Манна – Уитни, Уилкоксона, метод ранговой корреляции по Спирмену. Поскольку правильность выполнения тестового задания оценивалась преподавателями, как правило, по произвольной шкале, то в настоящей работе строился рейтинг успеваемости всех испытуемых студентов. Перед началом проведения работ испытуемые давали информированное согласие на участие в этом исследовании.

### Результаты исследований и их обсуждение

В настоящем исследовании рейтинг эффективности выполнения студентами учебного задания имел диапазон от 19,3 до 65%. Верхнюю половину шкалы рейтинга занимали 16 студентов со средней эффективностью 53,34%, а нижнюю – 16 студентов со средней эффективностью 33,76%.

Сравнение психофизиологических показателей испытуемых, выполнивших тестовое задание с различной эффективностью, выявило следующие особенности. Лица из нижней половины рейтинга проявляли простую сенсомоторную реакцию быстрее, чем из верхней половины (среднее время 261,31 ± 15,59 и 276,95 ± 19,46 мс соответственно). У них же реакция «точно» надвигающийся объект составляла 12,8% против 4,75% у лиц из нижней половины рейтинга эффективности. Среднее время выполнения учебного задания для лиц из верхней половины рейтинга составляло 9,35 мин, а из нижней – 10,58 (p > 0,05). При выполнении задания у менее результативных студентов наблюдалось изменение 9 из 17 показателей сердечного ритма и гемодинамики, а у более результативных – 2 из 17.

При проведении корреляционного анализа выявлены функциональные пары, компоненты которых включали в себя различные гемодинамические и психофизические показатели, а также показатели вариабельности сердечного ритма, время и эффективность выполнения учебного задания. Такие пары обозначались как сопряженные. Установлено, что наибольшее число сопряженных пар включало в себя два показателя вариабельности сердечного ритма, затем пары с показателем сердечного ритма и гемодинамическим показателем, далее – пары с психофизическим показателем и показателем состояния сердечно-сосудистой системы и, наконец, пары с двумя гемодинамическими показателями (рис. 1).

В процессе выполнения испытуемыми учебного задания сопряженные пары в большинстве случаев оставались устойчивыми. Наряду с ними, у испытуемых наблюдался как распад пар, существовавших до процедуры компьютерного учебного тестирования, так и возникновение новых пар (рис. 2). При этом у более результативных испытуемых, в отличие от менее результативных, до выполнения задания имело место большее количество устойчивых сопряженных пар. Следует отметить, что формирование сопряженных пар до и после выполнения задания, как правило, не было связано с положительным или отрицательным значением корреляции между их компонентами.

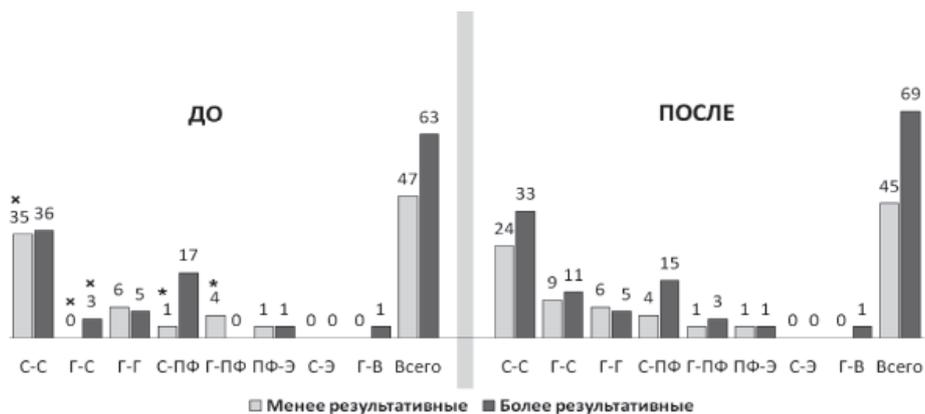


Рис. 1. Количество основных групп и состав сопряженных пар до и после выполнения учебного задания у менее и более результативных испытуемых: \* – достоверные различия между группами менее и более результативных студентов; × – достоверные различия внутри группы

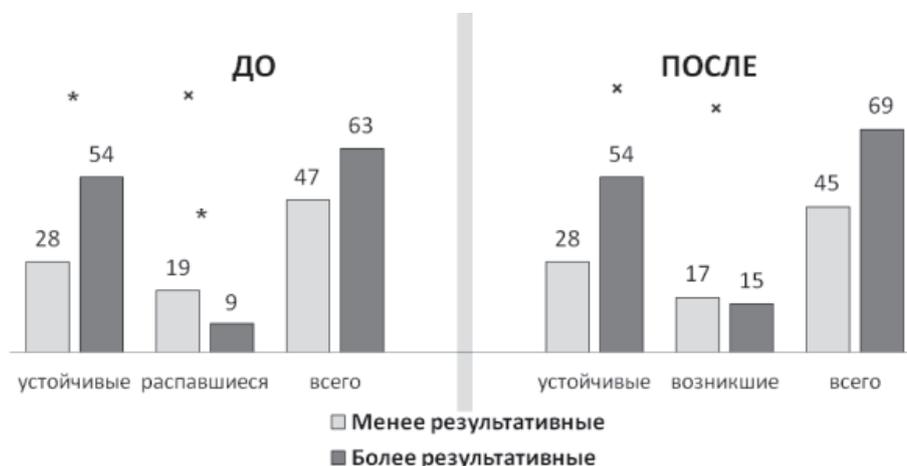


Рис. 2. Динамика формирования числа сопряженных пар: \* – достоверные различия между группами менее и более результативных студентов; × – достоверные различия внутри группы

В настоящей работе также исследовано участие отдельных психофизиологических параметров индивидуумов в центральной интеграции выполнения данной формы целенаправленной деятельности. У более результативных студентов из зарегистрированных психофизиологических параметров показатель простой сенсомоторной реакции наиболее широко вовлечен в формирование сопряженных пар. Количество сопряженных пар с данным показателем было различным не только между группами менее и более результативных студентов, но и в каждой группе до и после тестирования. Корреляционная связь простой сенсомоторной реакции с такими показателями, как Амо50, ТР, СВ, в группах менее и более результативных студентов имела противоположную направленность.

Как известно, регуляция сердечного ритма и гемодинамики в системе кровообращения осуществляется посредством вегетативных центров, расположенных в различных отделах центральной нервной системы, включая лобную кору, ретикулярную формацию, гипоталамус, гиппокамп, миндалину и моторные ядра блуждающего нерва [2, 12]. Имеются данные, указывающие на вовлечение вегетативных отделов центральной нервной системы в когнитивную, аффективную и вегетативную функции и, в частности, в регуляцию сердечного ритма [13]. Можно предположить наличие динамических связей между группами нейронов центров, контролирующих работу сердца и тонус кровеносных сосудов, а также нейронов, обеспечивающих психосоматическую сферу, в частности психофизиологические

реакции индивидуума. На последнее указывает как различие в числе связей простой сенсомоторной реакции, так и наличие противоположной направленности отдельных корреляционных связей данного показателя с другими в группах менее и более результативных студентов. Наличие подобных связей с нейронами коры большого мозга, формирующими когнитивную деятельность, направленную на решение учебного задания, будет сказываться на эффективности его выполнения. Именно на этом основании можно сделать предположение, что преобладание устойчивых сопряженных пар в исходном состоянии у более результативных испытуемых указывает на более широкое взаимодействие центров, а значит потенциально лучшие возможности в осуществлении того уровня когнитивной деятельности, который необходим в решении ими интеллектуальной задачи. Изменение состава сопряженных пар после выполнения задания будет указывать на изменение уровня динамических связей между центральными нейронами. Это соответствует количеству отдельных показателей сердечного ритма и гемодинамики, изменивших свое значение в процессе компьютерного тестирования. У более результативных студентов число таких измененных показателей было меньше, чем у менее результативных.

Высказывается предположение, что любому заданному уровню функционирования целостного организма соответствует эквивалентный уровень функционирования аппарата кровообращения [4]. Целенаправленная познавательная деятельность человека определяется его индивидуальным когнитивным стилем, который представляет собой способ приема и обработки информации. Значение описанной динамики показателей сердечно-сосудистой системы студентов в процессе выполнения учебного задания заключается в обеспечении адекватного кровоснабжения структур мозга, ответственных за когнитивные функции. Можно предположить, что особенности сердечного ритма и гемодинамики определяются особенностями метаболизма нервных центров лиц, обладающих разной эффективностью при достижении конечного полезного результата – выполнения компьютерного учебного задания.

### Заключение

В динамике выявлены сопряженные пары, два компонента которых включали в себя физиологические показатели, время и эффективность выполнения учебного задания. При этом у более результативных испытуемых до выполнения задания имело

место большее число устойчивых сопряженных пар. Из исследованных психофизиологических параметров показатель простой сенсомоторной реакции наиболее широко вовлечен в формирование сопряженных пар у более результативных студентов.

### Список литературы

1. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональных систем. – М.: Наука, 1980. – 196 с.
2. Афтanas Л.И., Брак И.В., Рева Н.В., Павлов С.В. Осцилляторные системы мозга и индивидуальная вариативность оборонительного рефлекса сердца у человека. // Российский физиологический журнал имени И.М. Сеченова. – 2013. – Т. 99, № 11. – С. 1342–1356.
3. Ахмедова О.О., Овезгельдыева Г.О., Григорьян А.Г. Психофизиологическое состояние студентов – первокурсников с разным уровнем двигательной активности // Физиология человека. – 2011. – Т. 37, № 5. – С. 84–90.
4. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 265 с.
5. Джебрайлова Т.Д., Сулейманова Р.Г., Иванова Л.И., Иванова Л.В. Индивидуальные особенности вегетативно-обеспечения целенаправленной деятельности студентов при компьютерном тестировании // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 5. – С. 58–66.
6. Зарипов В.Н., Баранова М.О. Изменение показателей кардиоинтервалографии и вариативности сердечного ритма у студентов с разным уровнем психоэмоционального напряжения и типом темперамента во время зачетной недели // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 4. – С. 73–79.
7. Курасов П.А. Оценка способности к обучению при зрительно-моторном слежении // Фундаментальные исследования. – 2013. – Т. 10. – С. 1694–1698.
8. Мартынова О.В., Роиц А.О., Иваницкий Г.А. Изменение некоторых показателей функционирования сердечно-сосудистой системы при различных мыслительных операциях // Физиология человека. – 2011. – Т. 37, № 6. – С. 35–41.
9. Панкова Н.Б., Надоров С.А., Карганов М.Ю. Анализ вариативности сердечного ритма и артериального давления при разных функциональных пробах у женщин и мужчин // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 4. – С. 64–72.
10. Судаков К.В. Избранные труды. Т. 1. Развитие теории функциональных систем. – М.: РАМН, 2007. – 343 с.
11. Судаков К.В., Андрианов В.В. Теория функциональных систем как основа формирования системного мировоззрения студентов-медиков // Сеченовский вестник. – 2012. – Т. 7, № 1. – С. 29–34.
12. Posner M.I., Raichle M.E. Images of Mind. – New-York: Scientific American Library, 1994. – 257 p.
13. Thayer J.F. и Johnsen B.H. Autonomic Nervous system activity and its relationship to attention working and memory In. In Monitoring metabolic status: predicting decrements in physiological and cognitive performance. – Washington, D.C.: National Academic Press, 2004. – P. 366–371.

### References

1. Anokhin P.K. Uzlovye voprosy teorii funktsionalnykh sistem. M.: Nauka, 1980. 196 p.
2. Aftanas L.I., Brak I.V., Reva N.V., Pavlov S.V. Ostsillatornye sistemy mozga i individualnaya variablnost oboronitel'nogo refleksa u cheloveka // Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal imeni I.M.Sechenova. 2013. T. 99. no. 11. pp. 1342–1356.
3. Akhmedova O.O., Ovesgeldyeva G.O., Grigoryan A.G. Psikhofiziologicheskoe sostoyanie studentov – pervokursnikov s raznym urovnem dvigatel'noy aktivnosti // Fiziologiya cheloveka. 2011. T. 37, no. 5. pp. 84–90.

4. Baevskiy R.M., Berseneva A.P. Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey organizma i risk razvitiya zabolevaniy. M.: Meditsina, 1997. 265 p.
5. Dzhebrailova T.D., Suleymanova R.G., Ivanova L.I., Ivanova L.V. Individualnye osobennosti vegetativnogo obespecheniya tselenapravlennoy deyatel'nosti studentov pri kompyuternom testirovaniy // Fiziologiya cheloveka. 2012. T. 38, no. 5. pp. 58–66.
6. Zaripov V.N., Barinova M.O. Izmenenie pokazateley kardiointervalografii i variabelnosti serdechnogo ritma u studentov s raznym urovnem psikoemotsionalnogo napryazheniya i tipom temperamenta vo vremya zachetnoy nedeli // Fiziologiya cheloveka. 2008. T. 34, no. 4. pp. 73–79.
7. Kurasov P.A. Otsenka sposobnosti k obucheniyu pri zritel'no-motornom slezhenii // Fundamentalnye issledovaniya. 2013; T. 10. pp.1694–1698.
8. Martynova O.V., Roik A.O., Ivanitskiy G.A. Izmenenie nekotorykh pokazateley funktsionirovaniya serdechno-sosudistoy sistemy pri razlichnykh myslitelnykh operatsiyakh // Fiziologiya cheloveka. 2011. T. 37, no. 6. pp. 35–41.
9. Pankova N.B., Nadorov S.A., Karganov M.I.Yu. Analis variabelnosti serdechnogo ritma i arterial'nogo davleniya pri raznykh funktsionalnykh probakh u muzhchin i zhenshin // Fiziologiya cheloveka. 2008. T. 34, no. 4. pp. 64–72.
10. Sudakov K.V. Izbrannye trudy. T. 1. Razvitie teorii funktsionalnykh sistem. M.: RAMN, 2007. 343 p.
11. Sudakov K.V., Andrianov V.V. Teoriya funktsionalnykh sistem kak osnova sistemnogo mirovozzreniya studentov-medikov // Sechenovskiy vestnik. 2012. T. 7, no. 1, pp. 29–34.
12. Posner M.I., Raichle M.E. Images of Mind. New-York:/ Scientific American Library. 1994. 257 p.
13. Thayer J.F. и Johnsen B.H. Autonomic Nervous system activity and its relationship to attention and working memory In. In Monitoring metabolic status: predicting decrements in physiological and cognitive performance. Washington, D.C.: National Academic Press, 2004. pp. 366–371.

---

**Рецензенты:**

Раевский В.В., д.б.н., профессор, зав. лабораторией нейроонтогенеза, ФГБУН «Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии» РАН, г. Москва;

Фудин Н.А., д.б.н., профессор, зав. лабораторией, ФБГНУ «НИИИФ имени П.К. Антохина», г. Москва.

УДК 577.114

## РЕЗУЛЬТАТЫ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Гладышева Е.К.

ФГБУН «Институт проблем химико-энергетических технологий»

Сибирского отделения Российской академии наук, Бийск, e-mail: evg-gladysheva@yandex.ru

Проведено культивирование бактериальной целлюлозы на синтетической сахарозной среде, на гидролизате крахмала, на среде ферментативного гидролизата мискантуса, с использованием симбиотической культуры *Medusomyces gisevii*. Очищенные образцы исследованы методом рентгенографического анализа. В результате анализа определены структурные характеристики кристаллической составляющей: степень кристалличности, размеры и форма элементарных фибрилл, периоды элементарной ячейки и угол моноклинности, а также проведена оценка соответствия атомной структуры той или иной модели строения целлюлозы. Сравнение дифракционных картин, полученных в геометриях на отражение и просвет, в сопоставлении со штрихдиаграммой целлюлозы Ia, свидетельствует об анизотропии структуры полученных образцов. Обнаружено, что наибольшая степень кристалличности у образца бактериальной целлюлозы, полученного на среде ферментативного гидролизата мискантуса. Достоверно показано, что во всех образцах бактериальной целлюлозы преобладает низкосимметричная метастабильная фаза Ia.

**Ключевые слова:** бактериальная целлюлоза, ферментативный гидролизат мискантуса, *Medusomyces gisevii*, рентгенографические исследования, степень кристалличности, область когерентного рассеяния

## BACTERIAL CELLULOSE X-RAY STUDY RESULTS

Gladysheva E.K.

Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies, Siberian Branch  
of the Russian Academy of Sciences, Biysk, e-mail: evg-gladysheva@yandex.ru

Bacterial cellulose was cultivated on a synthetic sucrose broth, a starch hydrolyzate, and an enzymatic *Miscanthus* hydrolyzate broth using the symbiotic culture *Medusomyces gisevii*. The purified samples were examined by x-ray analysis. The analysis eventually identified structural characteristics of the crystalline constituent: crystallinity degree, dimensions and shape of elementary fibrils, unit cell periods, and monoclinic angle; the matching of the atomic structure to one cellulose structural model or another was also evaluated. A comparison of the diffraction patterns obtained in transmission and reflection modes as opposed to the Ia-cellulose line diagram suggests that the resultant samples have anisotropic structures. The highest degree of crystallinity was detected in the bacterial cellulose sample obtained on the enzymatic *Miscanthus* hydrolyzate broth. It was shown with certainty that the low-symmetry metastable Ia phase prevails in all of the bacterial cellulose samples.

**Keywords:** bacterial cellulose, enzymatic *Miscanthus* hydrolyzate, *Medusomyces gisevii*, x-ray studies, crystallinity degree, coherent scattering region

Впервые бактериальная целлюлоза (БЦ) была описана Брауном в 1886 г. [13]. С тех пор интерес к этому материалу непрерывно растет, раскрывая новые возможности уникального материала.

Технология БЦ развивается в странах ЕС, США и Японии с 40-х гг. XX века. В настоящее время достигнуты значительные успехи в данной области. БЦ используется в биотехнологической, пищевой, химической, электронной и целлюлозно-бумажной промышленности, в частности теоретически обосновано и экспериментально доказано, что добавление БЦ повышает устойчивость бумаги к старению, а также повышает электрофизические характеристики электроизоляционной бумаги [8]. Широкое применение БЦ нашла в медицине. На основе матриц БЦ создают раневые покрытия, в микрохирургии при протезировании кровеносных сосудов, также на их основе возможно

восстановить суставные хрящи. Наноконструкты БЦ – гидроксипатита могут быть использованы в тканевой инженерии [4]. Исследования в данной области продолжаются и в настоящее время [5, 6, 7], включая попытки химической модификации БЦ.

Бактериальная целлюлоза (БЦ) обладает свойствами, отличающими ее от растительной целлюлозы. Хотя молекулярная и полимерная структура соответствует растительной целлюлозе, БЦ имеет более высокие степени полимеризации и кристалличности, характеризуется высокой водопоглощающей способностью, более высокой механической прочностью при меньшей ширине волокна, чем у растительной целлюлозы [12].

В настоящее время методы рентгеноструктурного анализа позволяют рассчитывать и проанализировать структурные характеристики кристаллической состав-

ляющей: степень кристалличности (СК), размеры и форму элементарных фибрилл (областей когерентного рассеяния (ОКР)), периоды элементарной ячейки и угол моноклинности, а также оценить соответствие атомной структуры той или иной модели строения целлюлозы [9]. В литературе приведен рентгенодифракционный анализ различных видов целлюлозы [10].

**Целью данной работы** является исследование БЦ, выращенной на различных питательных средах, методом рентгенографического анализа.

**Материалы и методы исследования**

В экспериментах использовались: синтетическая питательная среда, приготовленная растворением сахарозы в экстракте черного чая, гидролизат крахмала, ферментативный гидролизат мискантуса. В качестве инокулята использовалась семидневная симбиотическая культура, выращенная на глюкозной среде, доза внесения составляла 10%. Начальная концентрация субстрата во всех питательных средах составила 20 г/л, уровень активной кислотности саморегулировался симбиозом [3]. Культивирование проводилось в статических условиях при 25–29°C в течение 13 суток.

Образцы пленок были очищены следующим способом: в течение двух суток пленка выдерживалась в 2%-ном растворе NaOH для удаления клеток, затем пленка промывалась в дистиллированной воде до нейтральной реакции, после этого пленку обрабатывали в течение суток в 2%-ном растворе HCl для удаления красящих веществ чая, затем пленка промывалась дистиллированной водой до нейтральной реакции среды. Пленка высушивалась при комнатной температуре в расправленном состоянии.

Рентгенографический анализ высушенных образцов проводился сотрудниками Петрозаводского государственного университета Л.А. Алешиной и И.В. Люхановой на автоматизированном дифрактометре ДРОН-6.0 в CuK $\alpha$  излучении, монохроматор – пиролитический графит. Рентгенограммы сняты в двух геометриях: на отражение и просвет.

**Результаты исследования и их обсуждение**

На рис. 1 сравниваются картины рассеяния образцом, полученные в геометриях на отражение и просвет, в сопоставлении со штрих-диаграммой целлюлозы I $\alpha$ , рассчитанной по координатам атомов, приведенным в литературе [11]. Указаны индексы наиболее интенсивных отражений. Видно, что зарегистрированная в геометрии на отражение дифракционная картина по соотношению интенсивностей отражений от кристаллической фазы резко отличается от таковой, зарегистрированной в геометрии на просвет. Это свидетельствует об анизотропии структуры изучаемого образца. Ранее были сняты рентгенограммы образцов бактериальной целлюлозы, выращенной на питательной среде, приготовленной из сахарозы и экстракта черного чая, в геометриях на отражение и на просвет. Рентгенограммы исследованных образцов, полученные в геометрии на отражение и просвет, также резко отличаются, что также указывает на анизотропию структуры [2].

В табл. 1 сравниваются результаты расчета размеров кристаллов (ОКР) и СК для образцов бактериальной целлюлозы, выращенной на различных питательных средах.

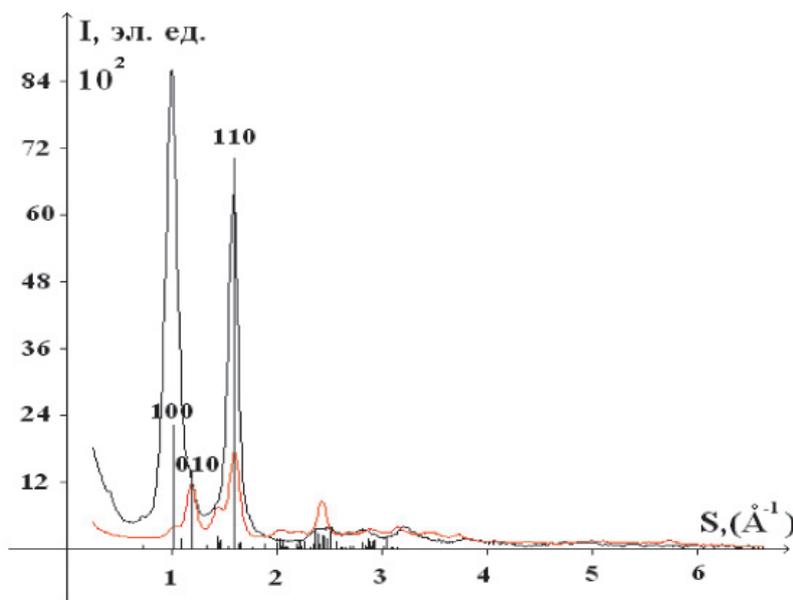


Рис. 1. Нормированные кривые распределения интенсивности рассеяния образцом бактериальной целлюлозы, полученной на среде ферментативного гидролизата мискантуса, в геометриях: — на отражение, — на просвет

Таблица 1

Размеры ОКР в различных кристаллографических направлениях  
и СК образцов бактериальной целлюлозы

Образец бактериальной целлюлозы, выращенной	СК, %	Размер кристаллитов D (Å) в направлениях		
		[100]	[010]	[110]
на сахарозе [2]	89	51	57	57
на гидролизате крахмала	91	68	38	49
на гидролизате мискантуса	95	48	38	51

Примечание. Погрешность:  $\Delta СК = \pm 5\%$ ;  $\Delta D = \pm 5 \text{ \AA}$ .

СК и ОКР являются характеристиками надмолекулярной структуры БЦ [9]. ОКР исследованных образцов практически равноосны по форме и в направлениях осей  $a$  и  $b$  элементарной ячейки практически не отличаются друг от друга. Следует отметить, что образец БЦ, выращенной на гидролизате мискантуса, имеет более высокую степень кристалличности, по сравнению с БЦ, полученной на гидролизате крахмала и сахарозной среде.

Расчет данной рентгенограммы методом полнопрофильного анализа показал, что бактериальная целлюлоза состоит из двух различных кристаллических модификаций: триклинной  $I\alpha$  и моноклинной  $I\beta$  (с антипараллельным расположением молекул). Процентное соотношение фаз  $I\alpha$  :  $I\beta$  в образце составило 99:1 соответственно. Аномально высокая интенсивность отражения (100) связана с наличием текстуры (преимущественной ориентации кристаллитов) в фазе

$I\alpha$ : ось текстуры [010]. Коэффициент, учитывающий текстуру, больше 1, что свидетельствует об игольчатой форме кристаллов целлюлозы  $I\alpha$ . При этом плоскости (100) кристаллитов оказываются параллельны поверхности пленки. Графический результат уточнения профильных характеристик показан на рис. 2.

Уточненные значения периодов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и углов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  элементарных ячеек обеих фаз представлены в табл. 2.

Полученные данные соответствуют литературным [1], где с целлюлозой  $I\alpha$  была идентифицирована одноцепочная триклинная элементарная ячейка со следующими размерами:  $a = 6,74$ ;  $b = 5,93$ ;  $c = 10,36$ ;  $\alpha = 117^\circ$ ;  $\beta = 113^\circ$ ;  $\gamma = 81^\circ$ . Пространственная группа симметрии  $P1$ . Структура фазы  $I\beta$  описывается моноклинной элементарной ячейкой с размерами:  $a = 8,01$ ;  $b = 8,17$ ;  $c = 10,36$ ;  $\gamma = 97,3^\circ$ . Пространственная группа симметрии  $P2$ .

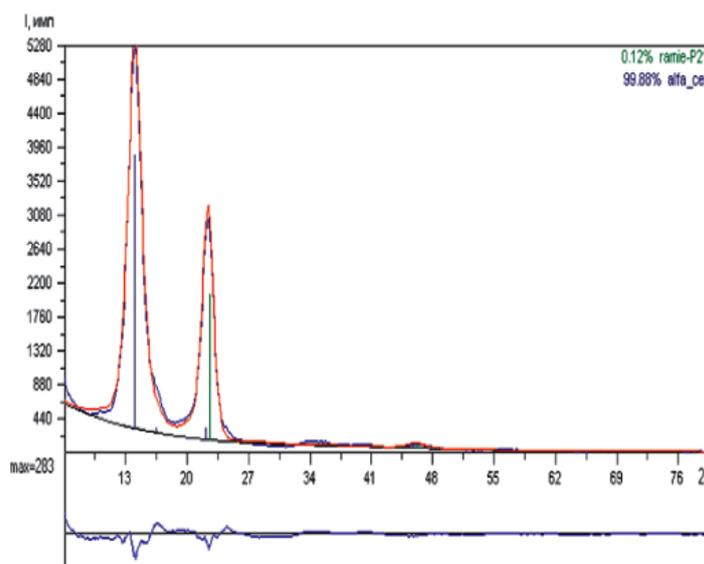


Рис. 2. Рентгенограммы:

— теоретическая, рассчитанная по данным, полученным в результате уточнения профильных и структурных параметров, — экспериментальная для образца бактериальной целлюлозы. В нижней части рисунка показана разностная кривая; вертикальные линии соответствуют штрихдиаграмме: —  $I\alpha$ , —  $I\beta$

**Таблица 2**  
Кристаллографические характеристики исследуемых образцов БЦ

Образец БЦ		<i>a</i> , Å	<i>b</i> , Å	<i>c</i> , Å	$\alpha$ , °	$\beta$ , °	$\gamma$ , °	<i>Rwp</i> , %	<i>Rp</i> , %
на сахарозной среде	1 $\alpha$	6,82(8)	6,10(6)	10,35(2)	118,(10)	114,(17)	82,(6)	13,84	11,03
	1 $\beta$	8,171	7,846	10,340	90,00	90,00	96,4		
на гидролизате крахмала	1 $\alpha$	7,(1)	5,97(1)	10,(3)	116,(31)	112,(3)	81,(20)	14,75	11,75
	1 $\beta$	7,88(9)	8,17(3)	10,36(2)	90	90	97,(3)		
на гидролизате мискантуса	1 $\alpha$	6,74(5)	5,97(3)	10,(2)	117,(59)	112,(86)	81,(18)	12,26	8,50
	1 $\beta$	7,90(1)	8,18(2)	10,38(3)	90	90	98,(6)		

Примечание. *Rwp*, *Rp* – факторы недоверности.

Рассчитанные значения СК и размеры ОКР, рассчитанные из ширин трех отражений целлюлозы, индексы которых приведены в табл. 2. Видно, что СК не зависит от геометрии исследований.

Преобладание низкосимметричной фазы 1 $\alpha$  в экспериментальном образце хорошо согласуется с литературными данными, свидетельствующими, что, в отличие от растительной целлюлозы, целлюлозы примитивных организмов характеризуются высоким процентом фазы 1 $\alpha$  (~70%). Также известно, что триклинная модификация целлюлозы 1 $\alpha$  метастабильна, поэтому её реакционная способность выше. Сосуществование двух полиморфов, имеющих различную стабильность, будет влиять на реакционную способность нативной целлюлозы: так как 1 $\alpha$  метастабильна, то её реакционная способность выше, чем у 1 $\beta$ , и 1 $\alpha$  будет участком первичной реакции [1].

### Выводы

Проведено культивирование бактериальной целлюлозы на синтетической сахарозной среде, на гидролизате крахмала, на среде ферментативного гидролизата мискантуса, с использованием симбиотической культуры *Medusomyces gisevii*. Очищенные образцы исследованы методом рентгенографического анализа. В результате анализа определены структурные характеристики кристаллической составляющей: степень кристалличности, размеры и форма элементарных фибрилл, периоды элементарной ячейки и угол моноклинности, а также проведена оценка соответствия атомной структуры той или иной модели строения целлюлозы. Установлено, что все образцы характеризуются анизотропией структуры. Обнаружено, что наибольшая степень кристалличности у образца бактериальной целлюлозы, полученного на среде ферментативного гидролизата. Достоверно

показано, что во всех образцах бактериальной целлюлозы преобладает низкосимметричная метастабильная фаза 1 $\alpha$ .

### Список литературы

1. Алешина Л.А., Глазкова С.В., Луговская Л.А., Подойникова М.В., Фофанов А.Д., Силина Е.В. Современные представления о строении целлюлоз (обзор) // Химия растительного сырья. – 2001. – № 1. – С. 5–35.
2. Алешина Л.А., Люханова И.В., Будаева В.В., Митрофанов Р.Ю. Рентгенографические исследования бактериальной целлюлозы / Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: материалы V Всероссийской конференции с международным участием (г. Барнаул 24–26 апреля 2012 г.) / Под ред. Н.Г. Базарновой, В.И. Маркина. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2012. – С. 28–30.
3. Гладышева Е.К. Изучение биосинтеза бактериальной целлюлозы культурой *Medusomyces gisevii* J. Lindau на средах с различной начальной концентрацией глюкозы // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–1. – С. 13–17.
4. Гладышева Е.К. Обоснование выбора питательной среды для синтеза бактериальной целлюлозы // Вестник Алтайской науки. – 2014. – № 1. – Р. 307–310.
5. Громовых Т.И., Хан Фан Ми, Дмитренко А.С. Направленное использование бактериальной целлюлозы в пищевых технологиях и медицине // Биотехнология и качество жизни: материалы Международной научно-практической конференции (г. Москва 18–20 марта 2014 г.). – М.: ЗАО «Экспо-биохимтехнологии», 2014. – С. 331–332.
6. Кезина Е.В., Парчайкина О.В., Кадималиев Д.А., Ревин В.В., Котина Е.А. Получение карбоксиметильных производных бактериальной целлюлозы с высокой степенью замещения // Актуальная биотехнология. – 2014. – № 3. – С. 37.
7. Кучина И.А., Литвиненко А.В., Болотова К.С. Исследование синтеза бактериальной целлюлозы в среде на основе ферментативного гидролизата // Пищевые технологии и биотехнологии: материалы XIV Международной конференции молодых ученых (г. Казань, 13–14 мая 2015 г.). Сборник тезисов докладов. – Казань: Изд-во «БРИГ», 2015. – С. 70.
8. Смирнова Е.Г. Повышение устойчивости бумаги к старению формированием ее композиционного состава: дис. ... д-ра тех. наук: 05.21.03. – СПб., 2014. – 32 с.
9. Структура и физико-химические свойства целлюлоз и нанокмозитов на их основе / под ред. Л.А. Алешина, В.А. Гуртова, Н.В. Мелех. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2014. – 240 с.
10. Шипина О.Т., Валишина З.Т., Косточко А.В. Рентгенодифракционный анализ различных видов целлюлозы // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 17. – С. 166–170.

11. Aabloo A., French A.D., Mikelsaar R.H., Pertsin A.J. Studies of crystalline native cellulose using potential – energy calculations // *Cellulose*. – 1994. – Vol. 1. – P. 161–168.

12. Belgacem M.N. *Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources*. Amsterdam, 2008. – 553 p.

13. Koon-Yang Lee, Gizem Buldum, Anthanasios Mantalaris, Alexander Bismarck. More than Meets the Eye in Bacterial Cellulose: Boisynthesis, Bioprocessing, and Applications in Advanced Fiber Composites // *Macromolecular Bioscience*. – 2014. – № 6. – P. 10–32.

### References

1. Aleshina L.A., Glazkova S.V., Lugovskaja L.A., Podonikova M.V., Fofanov A.D., Silina E.V. Sovremennye predstavlenija o stroenii celljuloz (obzor) // *Himija rastitelnogo syrja*. 2001. no. 1. pp. 5–35.

2. Aleshina L.A., Ljuhanova I.V., Budaeva V.V., Mitrofanov R.Ju. Rentgenograficheskie issledovanija bakterialnoj celljulozy // *Novye dostizhenija v himii i himicheskoj tehnologii rastitelnogo syrja: materialy V Sserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem (g. Barnaul 24–26 aprlja 2012 g.) / Pod red. N.G. Bazarnovoj, V.I. Markina*. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2012. pp. 28–30.

3. Gladysheva E.K. Izuchenie biosinteza bakterialnoj celljulozy kulturoj *Medusomyces gisevii* J. Lindau na sredah s razlichnoj nachalnoj koncentraciej gljukozy // *Fundamentalnye issledovanija*. 2015. no. 2–1. pp. 13–17.

4. Gladysheva E.K. Obosnovanie vybora pitatelnoj sredy dlja sinteza bakterialnoj celljulozy // *Vestnik Altajskoj nauki*. 2014. no. 1. pp. 307–310.

5. Gromovih T.I., Han Fan Mi, Dmitrenok A.S. Napravlennoe ispolzovanie bakterialnoj celljulozy v pishhevih tehnologijah i medicine / *Biotehnologija i kachestvo zhizni: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (g. Moskva 18–20 marta 2014 g.)*. M.: ZAO «Jekspo-biohimtehnologii», 2014. pp. 331–332.

6. Kezina E.V., Parchajkina O.V., Kadimaliev D.A., Revin V.V., Kotina E.A. Poluchenie karboksimetilnyh proizvodnyh bakterialnoj celljulozy s vysokoj stepenju zameshenija // *Aktualnaja biotehnologija*. 2014. no. 3. pp. 37.

7. Kuchina I.A., Litvinenko A.V., Bolotova K.S. Issledovanie sinteza bakterialnoj celljulozy v srede na osnove fermentativnogo gidrolizata. // *Pishhevyje tehnologii i biotehnologii: materialy HIV Mezhdunarodnoj konferencii molodyh uchenyh (g. Kazan, 13–14 maja 2015 g.)*. Sbornik tezisov dokladov. Kazan: Izdatelstvo «BRIG», 2015. pp. 70.

8. Smirnova E.G. Povyshenie ustojchivosti bumagi k stareniju formirovanem ee kompozicionnogo sostava: dis... dokt. teh. nauk: 05.21.03 / Smirnova Ekaterina Grigorevna. Sankt-Peterburg, 2014. 32 p.

9. Struktura i fiziko-himicheskie svojstva celljuloz i nanokompozitov na ih osnove / pod red. L.A. Aleshina, V.A. Gurtova, N.V. Meleh. Petrozavodsk: PetrGU, 2014. 240 p.

10. Shipina O.T., Valishina Z.T., Kostochko A.V. Rentgenodifrakcionnyj analiz razlichnyh vidov celljulozy // *Vestnik tehnologicheskogo universiteta*. 2015. T.18, no. 17. pp. 166–170.

11. Aabloo A., French A.D., Mikelsaar R.H., Pertsin A.J. Studies of crystalline native cellulose using potential energy calculations // *Cellulose*. 1994. Vol. 1. pp. 161–168.

12. Belgacem M.N. *Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources*. Amsterdam, 2008. 553 p.

13. Koon-Yang Lee, Gizem Buldum, Anthanasios Mantalaris, Alexander Bismarck. More than Meets the Eye in Bacterial Cellulose: Boisynthesis, Bioprocessing, and Applications in Advanced Fiber Composites // *Macromolecular Bioscience*. 2014. no. 6. pp. 10–32.

### Рецензенты:

Канарский А.В., д.т.н., профессор кафедры пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань;

Меледина Т.В., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Институт холода и биотехнологий, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», г. Санкт-Петербург.

УДК 630.165.:630.174.754

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВНУТРИВИДОВЫХ СКРЕЩИВАНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКОТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Иозус А.П., Морозова Е.В.

*Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: konvvert@yandex.ru*

Приводятся основные результаты скрещиваний разных климатипов сосны обыкновенной и исследования гибридов в испытательных культурах, произрастающих в условиях сухой степи Нижнего Поволжья вне ареала их естественного распространения. Длительные наблюдения за культурами позволили выделить по предварительной оценке лучшие варианты по качеству семян и росту. К ним отнесены Кустанайский×Московский, Львовский×Новосибирский, Кировский×Волгоградский. Скрещивания климатических экотипов в Нижнем Поволжье вне ареала естественного распространения вида также повышают гетерогенность полученного селекционного материала. Предварительные выводы по устойчивости и сохранности сибсов позволяют выделить варианты Московская×Кокчетавская, Новосибирская×Львовская, Азербайджан×Кировская. Достоверные выводы по устойчивости полученных сибсов в условиях сухой степи можно будет сделать только в 50–60 лет.

**Ключевые слова:** климатические экотипы, скрещивание, сибсы, сосна обыкновенная, селекция

## MAIN RESULTS OF INTRASPECIFIC INTERBREEDING OF CLIMATIC ECOTYPES OF PINE IN THE LOWER VOLGA REGION

Iozus A.P., Morozova E.V.

*Kamyshin Technological Institut (branch) of Volgograd State Technical University,  
Kamyshin, e-mail: konvvert@yandex.ru*

This article is the main results of interbreeding of different climatic types of Scots pine and research of hybrids in the test cultures, growing in the conditions of dry steppe Lower Volga region outside of the area of their natural spread. Long-term monitoring of the cultures allowed to allocate the best variants of quality of seeds and growth by the preliminary estimate. Among them are Moscow×Kustanai, Lviv×Novosibirsk, Kirov×Volgograd. The interbreeding of climatic ecotypes in the Lower Volga region outside of the area of natural spread of species also increases the heterogeneity of the resulting breeding material. Preliminary findings on the stability and preservation sibs allow distinguish variants Moscow×Kokchetav, Novosibirsk×Lviv, Azerbaijan×Kirov. Надежные выводы по устойчивости полученных сибсов в условиях сухой степи может быть сделано только в 50–60 лет.

**Keywords:** climatic ecotypes, interbreeding, sibs, Scots pine, selection

Внутривидовая гибридизация позволяет получить потомства, обладающие гетерозисом и устойчивостью по сравнению с исходными формами и адаптивной местной популяцией. Вероятность из проявления тем выше, чем больше различаются между собой родители по биологическим свойствам [3, 4].

У древесных получение перспективного гибридного материала возможно как при скрещивании чистых линий, так и гетерозиготных растений. Ниже приведены результаты опытов внутривидовых скрещиваний и выделения из них наиболее перспективных вариантов.

**Цель исследования** – выделить перспективные варианты скрещиваний климатических экотипов в географических культурах сосны обыкновенной по качеству семенного материала, росту, состоянию, устойчивости сибсов в испытательных культурах в сухой степи Нижнего Поволжья.

### Материалы и методы исследования

Комплекс работ по получению внутривидовых гибридов проводился в географических культурах сосны Камышинского лесхоза Волгоградской области, созданных в 1976 году на площади 17,2 га с использованием 35 климатических экотипов.

Подбор родительских пар проводили исходя из селекционного задания на получение устойчивых и производительных гибридных форм в географических культурах по степени эколого-географической удаленности родителей.

Скрещивания выполнялись весной 1986 года. Среди кандидатов выбирались деревья по половой дифференциации и урожайности.

Сбор пыльцы, изоляция женских цветков согласно методикам по гибридизации древесных пород, оценка качественных характеристик семян, закладка испытательных культур по стандартным методикам селекционных работ.

Для комплексной оценки перспективности вариантов скрещиваний применяли улучшенную математическую модель комплексной оценки экотипов древесных пород Ю.Е. Булыгина [1].

### Результаты исследования и их обсуждение

Проведение скрещиваний проводилось в десятилетнем возрасте, так как культуры начали цвести и плодоносить с возраста семи лет. В момент скрещивания у большинства подобранных климатипов отмечалось обильное цветение и плодоношение – 4–5 баллов по шкале Капера [2, 5].

Весной 1986 года были выделены маточные деревья, надеты изоляторы, собрана пыльца и проведено опыление. У климатипов отмечены небольшие (1–3 дня) различия в фазах цветения, что не препятствовало скрещиванию. Осенью 1987 года шишки были собраны, определены количественные и качественные характеристики семенного материала (табл. 1).

что объясняется, видимо, индивидуальными особенностями маточников.

Из полученных семян выращены сеянцы, и весной 1990 года двухлетками заложены испытательные культуры блоками в 4-кратной повторности. За контроль приняты потомства от свободного опыления соответствующих климатических экотипов. До 3-летнего возраста значительных отличий между гибридами не отмечено. В возрасте 6 лет (2 + 4) уже наблюдается дифференциация в росте между гибридами и родительскими парами семьями по высоте, что позволяет отметить перспективные на тот период варианты. Из 12 гибридов в этом возрасте 4 превышали контроль, остальные были ниже. Данные выводы были приняты как предварительные, так как у родительских особей относительная

Таблица 1

Продуктивность и качество семян по вариантам скрещивания 1986 года

Комбинации скрещивания, происхождение	Число комбинированных деревьев	Кол-во опыленных цветов, шт.	Со-бранных шишек шт./%	Выход семян, %	Масса, 1000 шт./г	Полно-зернистых семян, %
Кировская×Волгоградская	4	183	66/36	0,56	4,2	59
Саратовская×Волгоградская	3	200	150/75	1,52	4,5	48
Волгоградская×Саратовская	3	121	56/55	0,46	5,4	42
Новосибирская×Львовская	3	119	74/62	0,58	6,7	72
Оренбургская×Кокчетавская	2	155	94/61	0,78	3,4	52
Красноярская×Прикарпатская	3	86	64/60	0,39	3,9	64
Прикарпатская×Красноярская	4	64	32/50	0,35	5,5	89
Кокчетавская×Московская	3	99	72/72	0,72	7,4	88
Львовская×Новосибирская	3	103	84/82	0,89	7,6	89
Азербайджан×Кировская	2	102	44/43	1,32	6,3	71
Московская×Кокчетавская	2	125	72/58	2,21	4,0	56
Красноярская×Кировская	3	90	57/63	0,35	5,2	89

По выходу семян из шишек варианты отличались друг от друга и от нормативного выхода, составляющего 1,1 %.

Выше нормативного выход семян оказался у трех вариантов: Азербайджанский×Кировский, Московский×Кокчетавский, Саратовский×Волгоградский.

По массе семян варианты различаются от 3,4 г (Оренбургский×Кокчетавский) до 7,6 г (Львовский×Новосибирский). В целом величина данного показателя у большинства вариантов ниже, чем у контроля и ближе к более удаленным родителям. Полнозернистость семян варьировалась от 42 % (Волгоградский×Саратовский) до 89 % (Львовский×Новосибирский) и 100 % (Красноярский×Прикарпатский),

стабилизация роста отмечена с 18 лет. Поэтому в 2014 году было проведено полное обследование испытательных культур с изучением роста, состояния, сохранности, степени повреждения вредителями и болезнями (табл. 2).

При обследовании в 2014 году были отмечены единичные повреждения испытательных культур побеговыми, но зависимости между повреждениями и вариантами скрещивания не установлено. Отпад в культурах вырос примерно на 20 % по сравнению с результатами оценки 1994 года. Отпад в основном произошел после засухи 2010 года, рубки ухода не проводились, весь период шло естественное неравномерное изреживание древостоя.

**Таблица 2**

Рост и состояние внутривидовых гибридов сосны на 1 октября 2014 года (возраст 2 + 24 года)

Комбинации скрещивания, происхождение	Число комбинаций, шт.	Число высаженных растений, шт.	Средняя высота, м		Сохранность, %		
			Полусибсы родительских форм		Гибриды, сибсы	Родители	Сибсы
			материнские	отцовские			
Кировская×Волгоградская	4	24	8,42	8,54	8,56	56	59
Саратовская×Волгоградская	3	160	8,25	8,18	8,22	52	58
Волгоградская×Саратовская	3	20	7,98	7,91	8,03	48	52
Новосибирская×Львовская	3	13	8,15	7,92	8,04	68	67
Оренбургская×Кокчетавская	2	53	7,96	8,08	7,99	46	58
Красноярская×Прикарпатская	3	27	7,91	8,04	7,82	49	53
Прикарпатская×Красноярская	4	17	8,34	8,32	8,44	58	56
Кокчетавская×Московская	3	21	8,32	8,55	8,88	59	64
Львовская×Новосибирская	2	143	8,39	8,52	8,84	52	60
Азербайджан×Кировская	2	17	8,24	8,15	8,23	56	66
Московская×Кокчетавская	2	101	7,99	8,40	8,48	44	48
Красноярская×Кировская	3	23	8,04	8,13	7,88	59	63
Контроль Волгоградская			8,43			60	

Лучшими по сохранности 2014 года были гибриды вариантов Новосибирская×Львовская – 67%, Азербайджан×Кировская – 66%, при сохранности контроля – 60%.

В 2014 году различия по росту в высоту у гибридов и контроля отмечались, но разница была не более одного метра между лучшими и худшими вариантами, это можно объяснить преобладанием влияния почвенно-климатических условий над генетическими в условиях сухой степи Нижнего Поволжья. Лучшими по росту были вари-

анты Кокчетавская×Московская – 8,88 м, Львовская×Новосибирская – 8,84 м, Кировская×Волгоградская – 8,56 м. Отставали в росте Красноярская×Прикарпатская, Красноярская×Кировская, у которых отмечено отставание в росте и у родительских полусибсов.

Полученные результаты по качеству семенного материала, росту и сохранности испытательных культур позволили сгруппировать варианты по перспективности с помощью улучшенной математической модели комплексной оценки экотипов (табл. 3).

**Таблица 3**

Оценка вариантов скрещивания сосны обыкновенной разного географического происхождения

№ п/п	Вариант скрещивания	Обобщенная оценка		Интегральная оценка	Ранг по интегральной оценке
		по качеству семян	по росту и сохранности		
Перспективные					
1	Кокчетавская×Московская	1,40	2,68	4,08	1
2	Львовская×Новосибирская	1,45	2,47	3,92	2
3	Кировская×Волгоградская	0,56	2,22	2,78	3
Среднее					
4	Московская×Кокчетавская	1,15	2,61	3,76	4
5	Прикарпатская×Красноярская	1,03	2,62	3,65	5
6	Саратовская×Волгоградская	0,85	2,75	3,60	6
7	Азербайджан×Кировская	1,16	2,41	3,57	7
8	Волгоградская×Саратовская	0,52	2,72	3,24	8
9	Красноярская×Прикарпатская	0,52	2,68	3,18	9
Малоперспективные					
10	Оренбургская×Кокчетавская	0,44	2,73	3,17	10
11	Красноярская×Кировская	1,03	2,10	3,13	11
12	Новосибирская×Львовская	0,97	1,87	2,84	12

К перспективным отнесены варианты: Кустанайский×Московский, Львовский×Новосибирский, Кировский×Волгоградский; 6 вариантов отнесены к средним и 3 – к малоперспективным. Кроме оценки фактического цифрового материала, проводя скрещивания географически отдаленных климатипов в географических культурах Камышинского лесхоза, получили селекционный материал повышенной гетерогенности, что увеличивает его норму реакции на неблагоприятные условия среды [4].

Опыты с географическими культурами первого поколения показали, что относительная стабилизация климатипов по росту наступает в 18–20 лет, после этого ранг по росту культур в высоту практически не изменяется. А естественный отбор на устойчивость климатипов к неблагоприятным условиям среды и в первую очередь к засухе элиминирует неустойчивые к этому фактору биотипы к возрасту 50–60 лет. Пока же сохранность во всех вариантах опыта достаточно высока, предварительные выводы были сделаны выше.

### Заключение

Результаты скрещиваний разных климатипов сосны обыкновенной и исследования гибридов в испытательных культурах позволили выделить по предварительной оценке лучшие варианты по качеству семян и росту. К ним отнесены Кустанайский×Московский, Львовский×Новосибирский, Кировский×Волгоградский.

Скрещивания климатических экотипов в Нижнем Поволжье вне ареала естественного распространения вида повышают гетерогенность полученного селекционного материала.

Предварительные выводы по устойчивости и сохранности сибсов позволяют выделить варианты Московская×Кокчетавская, Новосибирская×Львовская, Азербайджан×Кировская. Достоверные выводы по устойчивости полученных сибсов в условиях сухой степи можно будет сделать в 50–60 лет.

### Список литературы

1. Булыгин Ю.Е. Улучшенная математическая модель комплексной оценки экотипов древесных пород. // Лесное хозяйство. – 1985. – № 11. – С. 41–43.

2. Иозус А.П., Крючков С.Н. Перспективные климатипы сосны для защитного лесоразведения в условиях сухой степи // Бюллетень ВНИАЛМИ. – Вып. (2/54). – 1988. – С. 30–33.

3. Ненюхин В.Н. Внутривидовая гибридизация и генетико-селекционная оценка плюсовых деревьев в клонах на лесосеменных плантациях первого порядка как принципы повышения продуктивности насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.): дис. ... д-ра с.-х. наук. – Воронеж, 1997. – 314 с.

4. Шутяев А.М. Географическая изменчивость древесных пород и ее использование при лесовыращивании. «Генетика и селекция в лесоводстве». – М.: Агропромиздат. 1991. – С. 124–138.

5. Юрченко В.В., Иозус А.П. Изменчивость сосны обыкновенной в географических культурах Камышинского лесхоза Волгоградской области // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения): сб науч тр. – Гомель, 2003. – Вып. 59 – С. 253–255.

### References

1. Bulygin Yu.E. Uluchshennaya matematicheskaya model kompleksnoi otsenki ekotipov drevesnykh porod. Lesnoe khozyaistvo, 1985, no. 11, pp. 41–43.

2. Iozus A.P., Kryuchkov S.N. Perspektivnye klimatipy sosny dlya zashchitnogo lesorazvedeniya v usloviyakh sukhoi stepi. Byulleten VNIALMI. no. 2/54, 1988, pp. 30–33.

3. Nenyukhin V.N. Vnutrividovaya gibridizatsiya i genetiko-selektivnaya otsenka plusovykh derevov v klonakh na lesosemennykh plantatsiyakh pervogo poryadka kak printsipy povysheniya produktivnosti nasazhdenii sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris* L.). Dissertatsiya ... doktora selskokhozyaystvennykh nauk, Voronezh, 1997, pp. 314.

4. Shutyaev A.M. Geograficheskaya izmenchivost drevesnykh porod i ee ispolzovanie pri lesovyashchivanii. Genetika i selektsiya v lesovodstve: Sbornik nauchnykh trudov, Voronezh: TsNIILGiS, 1991, pp. 124–138.

5. Yurchenko V.V., Iozus A.P. Izmenchivost sosny obyknovnoy v geograficheskikh kulturakh Kamyshenskogo leskhozа Volgogradskoi oblasti. Selektsiya, geneticheskie resursy i sokhraneniye genofonda lesnykh drevesnykh rastenii (Vavilovskie chteniya): Sbornik nauchnykh trudov, Gomel, 2003, Vol. 59, pp. 253–255.

### Рецензенты:

Васильев Ю.И., д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград;

Рулев А.С., д.с.-х.н., заместитель директора по науке, Всероссийский НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград.

УДК 664.681.9

## ВЛИЯНИЕ СВЕКЛОВИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН И СТЕВИОЗИДА НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА ПРЯНИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Карачанская Т.А., Красина И.Б., Кожина А.С., Харченко Е.О.**

*ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»,  
Краснодар, e-mail: pku@kubstu.ru*

В статье приведены данные исследования влияния свековичных пищевых волокон и стевииозидна на органолептические и физико-химические показатели качества пряничных изделий. Приведены данные по определению оптимальных дозировок стевииозидна и свековичных пищевых волокон. Отмечено положительное влияние стевииозидна и свековичных пищевых волокон на органолептические показатели качества пряничных изделий. На основании результатов дегустаций установлено, что для всех разработанных изделий характерна высокая оценка по показателям «сладкий», «сдобный» и «пряный». Во всех изделиях отсутствуют отрицательные признаки. По физико-химическим показателям отмечено, что опытные образцы пряников отличаются большим объемом, меньшей плотностью и большей намокаемостью. Для исследования взаимодействия различных факторов, определяющих органолептические и физико-химические показатели заварных пряничных изделий, применены математические методы планирования эксперимента. С использованием методов математического планирования эксперимента установлены оптимальные дозировки внесения свековичных пищевых волокон и стевииозидна к массе муки, обеспечивающие наиболее высокие показатели качества пряничных изделий.

**Ключевые слова:** свековичные пищевые волокна, стевииозид, пряничные изделия, органолептические и физико-химические показатели

## INFLUENCE BEET FIBER AND STEVIOSIDE ON CONSUMER PROPERTIES OF GINGERBREAD PRODUCTS

**Karachanskaya T.A., Krasina I.B., Kozhina A.S., Kharchenko E.O.**

*The Kuban state technological university, Krasnodar, e-mail: pku@kubstu.ru*

The article presents data from a study of influence of sugar beet dietary fiber and stevioside on the organoleptic and physico-chemical quality gingerbread products. The data to determine the optimal dosage of stevioside and beet fiber. The positive effect of stevioside and beet dietary fiber on the organoleptic quality of gingerbread products. Based on the results of tastings it found that for all the developed products are characterized by a high score in terms of "sweet", "sдобny" and "spicy". All products are no negative signs. On physical and chemical parameters noted that prototypes of different cakes high volume, lower density, and greater Namokaemost. To study the interaction of various factors that determine the organoleptic and physico-chemical parameters scalded gingerbread products, applied mathematical methods of planning the experiment. Using the methods of mathematical planning of the experiment are set, the optimum dosage of making beet fiber and stevioside to the mass of flour to ensure the highest quality indicators gingerbread products.

**Keywords:** beet fiber, stevioside, gingerbread products, the organoleptic and physico-chemical parameters

В последние годы российский рынок продуктов питания достаточно широко представлен мучными кондитерскими изделиями, которые пользуются высоким спросом у населения различных возрастных групп. Основным направлением развития перерабатывающей индустрии на современном этапе является обеспечение населения качественно новыми функциональными пищевыми продуктами [1]. Кондитерские изделия не относятся к продукции первой необходимости, однако они пользуются постоянно растущим спросом населения.

С учетом мировых тенденций развития пищевой промышленности с ориентацией на функциональные пищевые продукты следует констатировать, что кондитерские изделия нуждаются в существенной коррекции их химического состава в направлении увеличения содержания минеральных элементов и пищевых волокон при одно-

временном снижении энергетической ценности [3, 4]. Оценка применяемого сырья свидетельствует о необходимости научно обоснованного выбора рецептурных компонентов, обеспечивающих формирование дополнительных функциональных свойств продуктов и их обогащение пищевыми волокнами и минеральными веществами [5].

При исследовании влияния полной замены сахара-песка на стевииозид и свековичные пищевые волокна необходимо было, прежде всего, определить, насколько адекватными по органолептическим показателям получаются разрабатываемые пряничные изделия аналогичным изделиям с сахарозой [2]. В связи с этим были определены изменения органолептических показателей качества пряничных изделий при внесении различных дозировок стевииозидна и свековичных пищевых волокон. Результаты этих исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Органолептические показатели качества пряников

Наименование показателя	«Северные» (контроль)	Дозировка стевиозида, %											
		0,10				0,12				0,14			
		Дозировка пищевых волокон, %											
		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
Цвет	Кремовый	Золотистый											
Вкус													
Запах	Нейтральный, не выраженный	Приятный запах пряностей											
Форма	Круглая, ровная поверхность с трещинками, характерная для пряников												
Структура	Хорошо разрыхленная												
Вид в изломе	Средние поры	Пропеченные, без следов непромеса											Мелкопористая

Как видно из данных табл. 1, исключение из рецептуры опытных образцов сахара и замена их стевиозидом и свекловичными пищевыми волокнами не повлияло на структуру и форму готовых изделий. Внешение стевиозида и свекловичных пищевых волокон придало пряничным изделиям более выраженный вкус и аромат сухих духов, золотистый цвет; стабилизировало форму и поверхность за счет структурообразующей, водо-и жиросвязывающей способности свекловичных пищевых волокон.

Таким образом, можно отметить положительное влияние стевиозида и свекловичных пищевых волокон на органолептические показатели качества пряничных изделий.

С целью определения органолептических показателей, характеризующих потребительскую привлекательность продукта, к готовым пряничным изделиям был применён системный подход. Так как в опытных образцах пряничных изделий полностью заменяли сахар стевиозидом, необходимо было определить адекватность вкуса опытных образцов пряничных изделий аналогичным изделиям с сахаром, поэтому объектом исследования был признан вкус изделия. Для дегустации были приготовлены пряничные изделия с различным содержанием стевиозида, при этом свекловичные пищевые волокна вносили в количестве 10% к массе муки.

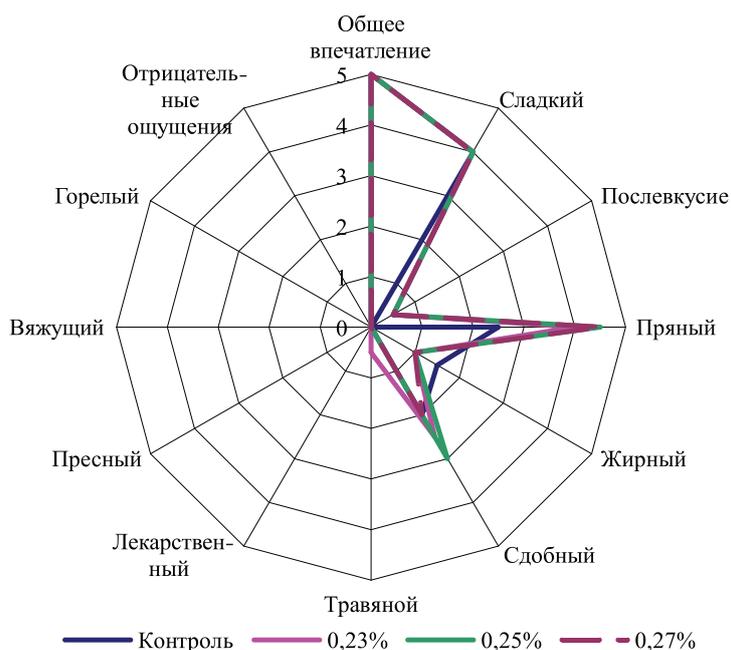


Рис. 1. Профилограмма вкуса пряников

На основании результатов дегустаций строили диаграммы вкуса изделий. При построении диаграмм придерживались следующего порядка: в верхней ее части располагали интегрированное положительное впечатление от оцениваемого продукта (общее впечатление), в нижней части – отрицательное (отрицательное ощущение); единичные признаки по мере значимости их вклада во вкус объекта откладывали справа (положительные) и слева (отрицательные) от линии «общее впечатление – отрицательные ощущения». Интенсивность признака характеризовали по пятибалльной шкале.

На рис. 1 приведены профилограммы вкуса разработанных пряничных изделий.

Для всех разработанных изделий характерна высокая оценка по показателям «сладкий», «сдобный» и «пряный». Во всех изделиях отсутствуют отрицательные признаки.

Физико-химические показатели разработанных видов пряничных изделий приведены в табл. 2.

Данные, приведенные в табл. 2, показывают, что опытные образцы пряников отличаются большим объемом, меньшей плотностью и большей намокаемостью. Равномерная пористая структура изделий обусловлена уменьшением вязкости теста для пряников, и в связи с этим в процессе замеса частицы добавок лучше распределяются по всему объему.

Для исследования взаимодействия различных факторов, определяющих органолептические и физико-химические показатели заварных пряничных изделий,

применены математические методы планирования эксперимента. Математическая модель имеет вид уравнения регрессии, найденного статистическими методами на основе экспериментов. В качестве основных факторов были выбраны:  $X_1$  – массовая доля свекловичных пищевых волокон (% к массе муки);  $X_2$  – массовая доля стевииозиды, (% к массе муки). Все эти факторы совместимы и некоррелированы между собой. Критерием оценки влияния различных факторов на органолептические и физико-химические показатели пряничных изделий были выбраны:  $Y_1$  – намокаемость, %;  $Y_2$  – комплексный показатель качества.

Программа исследований была заложена в матрицу планирования экспериментов. Для исследований выбран полный факторный эксперимент. В этом случае применено центральное композиционное рототабельное униформпланирование. Порядок опытов рандомизировали посредством таблицы случайных чисел, что исключает влияние неконтролируемых параметров на результаты эксперимента. Опыты в каждой точке матрицы выполняли два раза.

При этом были рассчитаны регрессионные коэффициенты, определена значимость каждого из них. Установлено, что в соответствии с критерием Стьюдента все коэффициенты являются значимыми. По критерию Фишера установлено, что уравнения регрессии адекватно описывают результаты эксперимента.

Полученные уравнения регрессии имеют вид

$$Y_1 = 165,1 + 11,55X_1 + 9,64X_2 - 3,76X_1^2 - 6,85X_2^2; \tag{1}$$

$$Y_2 = 1,26 + 0,686X_1 - 0,085X_2 + 0,315X_1^2 + 0,089X_2^2. \tag{2}$$

Таблица 2

Физико-химические и показатели качества пряников

Наименование показателя	«Северные» (контроль)	Дозировка стевииозиды, %											
		0,23				0,25				0,27			
		Дозировка пищевых волокон, %											
		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20
Влажность, %	12,6	13,9	15,2	16	16,8	14,1	15,0	15,9	16,9	13,8	15,1	16,0	16,8
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	478	470	460	452	463	470	459	450	461	472	461	455	462
Щелочность, град.	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Намокаемость, %	235	239	241	245	243	240	243	250	247	240	242	248	244
Комплексный показатель качества	85	85	88	90	87	87	90	92	89	86	89	91	88

Анализ уравнений регрессии (1) и (2) позволяет выделить факторы, наиболее влияющие на рассматриваемый процесс. На намакаемость и комплексный показатель качества пряничных изделий наибольшее влияние оказывает дозировка свекловичных пищевых волокон, содержание стевииозидов также изменяет физико-химические свойства пряников, но в меньшей степени. Знак плюс перед коэффициентом при линейных членах указывает на то, что при увеличении этого параметра значение выходного параметра возрастает.

Уравнения регрессии (1) и (2) позволяют не только предсказать значения намакаемости  $Y_1$  и комплексного показателя качества пряников  $Y_2$ , но и дают информацию о поверхности отклика.

Окончательно уравнение регрессии в канонической форме примет вид

$$Y_1 = 177,36 - 3,7Z_1^2 - 6,8Z_2^2. \quad (3)$$

Изобразим полученную поверхность на рис. 1.

Подставляя в последние выражения значения величин  $X_1, X_2$  ( $\angle p = 0$ ), получим окончательно соотношения

$$X_1 = Z_1 + 1,53; \quad (4)$$

$$X_2 = Z_2 + 0,7. \quad (5)$$

Графический анализ показал, что поверхность отклика является экстремальной и имеет вид «вершины» (коэффициенты канонического уравнения (3) имеют отрицательные знаки). Линии равного уровня

поверхности отклика представляют собой эллипсы, вытянутые вдоль оси  $X_2$ ; это подтверждается также тем, что значение коэффициента  $B_{11}$ , входящего в каноническое уравнение (3), незначительно отличается от значения коэффициента  $B_{22}$ .

Решая систему уравнений относительно  $X_1$  и  $X_2$ , определим координаты центра поверхности:  $X_{1s} = -1,1$  и  $X_{2s} = 0,5$ .

Подставляя найденные значения в уравнение регрессии (2), определим значение функции отклика в центре поверхности  $Y_2 = 0,76$ .

Окончательно уравнение регрессии в канонической форме примет вид

$$Y_2 = 0,76 + 0,31Z_1^2 + 0,09Z_2^2. \quad (6)$$

Получили поверхность, представленную на рис. 2.

Подставляя значения величин  $X_1, X_2$  ( $\angle p = 0$ ), получим окончательно соотношения между координатами:

$$X_1 = Z_1 - 1,1; \quad (7)$$

$$X_2 = Z_2 + 0,5. \quad (8)$$

Графический анализ показал, что поверхность отклика является экстремальной и имеет вид «впадины» (коэффициенты канонического уравнения имеют положительные знаки). Линии равного уровня поверхности отклика представляют собой эллипсы, вытянутые вдоль  $X_2$ , что подтверждается также тем, что значение коэффициента  $B_{11}$ , входящего в каноническое уравнение, превышает значение коэффициента  $B_{22}$ .

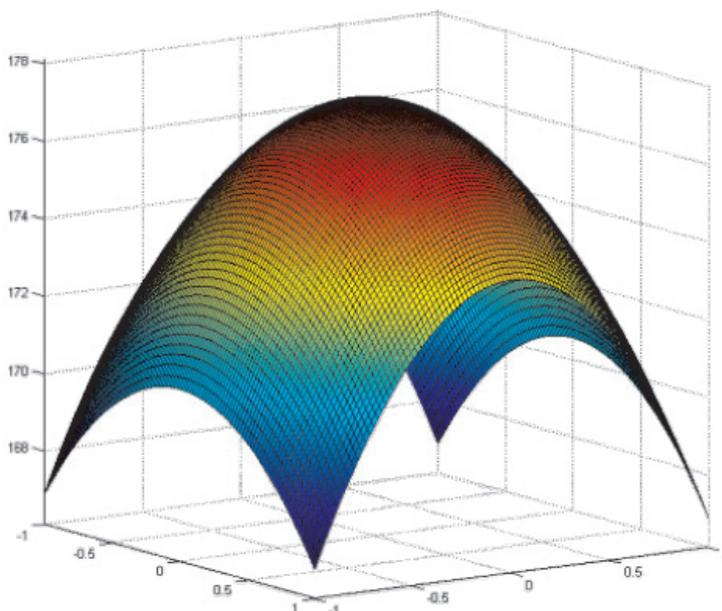


Рис. 2. Поверхность отклика намакаемости

Следующий этап заключается в выборе оптимального соотношения рецептурных компонентов (факторы  $X_1$  и  $X_2$ ) для приготовления пряников функционального назначения со свекловичными пищевыми волокнами и стевииозидом.

При этом графически была рассмотрена «компромиссная» задача, сформулированная следующим образом. Располагая математическими моделями в виде уравнений регрессии или каноническими формами уравнений регрессии, требуется определить такие значения факторов  $X_1$  и  $X_2$ , которые обеспечивали бы заданную намокаемость ( $Y_1$ ) и комплексный показатель качества ( $Y_2$ ) пряников. При этом на факторы накладываются ограничения  $2,95 < X_1 < 17,05$  (%);  $8,13 < X_2 < 27,87$  (%).

Рассматривая задачу графически, оптимальным следует считать режим, которому

соответствуют точки на факторной плоскости, полученные пересечением линий равного уровня намокаемости и комплексного показателя качества пряников заданных значений. Для достижения заданных значений  $Y_1$  и  $Y_2$  возможна реализация нескольких режимов, например, а, б, ..., ж (табл. 3).

Фактор  $X_1$  изменяется в диапазоне: 0,38–0,98 (в натуральном виде от 10,9% до 15,9%); фактор  $X_2$  изменяется в диапазоне: – 1,1–0,9 (в натуральном виде от 0,23% до 0,25%). На факторной плоскости область изменения значений факторов представляет собой прямоугольник с координатами (0,38; 0,9); (0,98; 0,9); (0,38; –1,1); (0,98; –1,1). Переходя от кодированных значений к натуральным значениям, получим следующие оптимальные соотношения рецептурных компонентов для приготовления пряников (табл. 4).

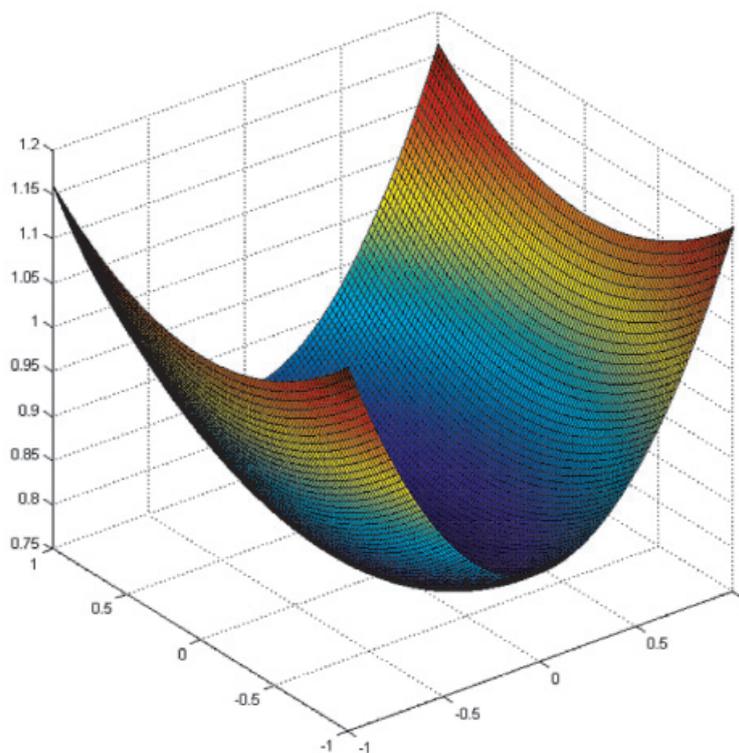


Рис. 3. Поверхность отклика комплексного показателя качества пряников

Таблица 3

Зависимость намокаемости и комплексного показателя качества от массовой доли свекловичных пищевых волокон и стевииозида

Параметр	Обозначение	Значение
Массовая доля свекловичных пищевых волокон, % к массе муки	$X_1$	10,9–15,9
Массовая доля стевииозида, % к массе муки	$X_2$	0,23–0,25
Намокаемость, %	$Y_1$	240–246
Комплексный показатель качества	$Y_2$	85–92

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что замена сахара свекловичными пищевыми волокнами и стевиозидом улучшает органолептические и физико-химические показатели качества пряничных изделий, при этом на 5–10% снижается плотность готовых изделий и на 10–12% увеличивается их намаемость. С использованием методов математического планирования эксперимента установлено, что внесение свекловичных пищевых волокон в количестве 10,9–15,9% и стевиозида – 0,23–0,25% к массе муки обеспечивает наиболее высокие показатели качества пряничных изделий.

#### Список литературы

1. Аксёнова Л.М., Святославова И.М., Савенкова Т.В. Новые подходы к разработке технологии производства функциональных кондитерских изделий на основе принципа прослеживаемости // Кондитерское производство. – 2013. – № 3. – С. 6–8.
2. Карачанская Т.А., Красина И.Б., Данович Н.К., Красюк А.В. Применение стевиозида и пищевых волокон Камецель FW200 в кондитерских изделиях без сахара // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 4. – С. 43–44.
3. Красина И.Б. Биологически активные добавки из стевии в производстве мучных кондитерских изделий. – Краснодар, 2007. – 121 с.
4. Красина И.Б. Теоретическое и экспериментальное обоснование диабетических мучных кондитерских изделий с применением растительных биологически активных добавок: автореф. дис. ... д-ра техн. наук – Краснодар, 2008. – С. 53.
5. Красина И.Б. Научно-практическое обоснование технологий мучных кондитерских изделий функциональ-

ного назначения. // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2007. – № 5. – С. 33–37.

#### References

1. Aksjonova L.M., Svjatoslavova I.M., Savenkova T.V. Novye podhody k razrabotke tehnologii proizvodstva funkcion-alnyh konditerskih izdelij na osnove principa proslezhivaemos-ti // Konditerskoe proizvodstvo. 2013. no. 3. pp. 6–8.
2. Karachanskaja T.A., Krasina I.B., Danovich N.K., Krasjuk A.V. Primenenie steviozida i pishhevyyh volokon Kamecel FW200 v konditerskih izdelijah bez sahara // Izv.vuzov. Pish-hevaja tehnologija. 2010. no. 4. pp. 43–44.
3. Krasina I.B. Biologicheski aktivnye dobavki iz ste-vii v proizvodstve mучnyh konditerskih izdelij. Krasnodar, 2007. 121 p.
4. Krasina I.B. Teoreticheskoe i jeksperimentalnoe obosno-vanie diabeticheskikh mучnyh konditerskih izdelij s primeneni-em rastitelnyh biologicheski aktivnyh dobavok: avtorref. dis.. d-ra tehn. nauk Krasnodar, 2008. pp. 53.
5. Krasina I.B. Nauchno-prakticheskoe obosnovanie tehnologij mучnyh konditerskih izdelij funkcionalnogo naznachenija. // Izvestija VUZov. Pishhevaja tehnologija. 2007. no. 5 pp. 33–37.

#### Рецензенты:

Тимофеев Т.И., д.т.н., профессор кафедры технологии зерновых, хлебных, пищевкусных и субтропических продуктов, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар;  
Илларионова В.В., д.т.н., профессор кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар.

УДК 579.66:663.13; 663.223.1:663.253

## ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИННОГО ШТАММА *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* Y-3980

Котенко С.Ц., Халилова Э.А., Исламмагомедова Э.А., Аливердиева Д.А.

ФГБУН «Прикаспийский институт биологических ресурсов»

Дагестанского научного центра РАН, Махачкала, e-mail: eslanda61@mail.ru

Выделен штамм дрожжей с повышенной бродильной активностью, предназначенный для вторичного сброживания тиражной смеси под давлением. Молекулярно-генетическим анализом установлено, что штамм относится к виду *S. cerevisiae*. Изучены морфологические, физиологические и культуральные особенности штамма. Обнаружено, что Y-3980 способен к экскреции ценных компонентов ароматного комплекса: высших спиртов, высококипящих сложных эфиров, терпеновых соединений, а также жирных кислот и незаменимых аминокислот, обогащающих качество, вкус и аромат вина. В вине, приготовленном с использованием штамма, наблюдалось уменьшение содержания изобутанола, этилацетата и обогащение высококипящими сложными эфирами, такими как этиллактат, диэтилсукцинат, гераниолацетат, β-фенилэтилацетат, диэтилмалат и этиллинолеат. Шампанское марки «Брют», полученное с использованием штамма *S. cerevisiae* Y-3980, обладает тонким ароматом, гармоничным вкусом, высокими игристыми и пенистыми свойствами, длительной игрой, средним мелкодисперсным пенообразованием. Штамм представляет интерес для использования в производстве шампанских вин.

**Ключевые слова:** селекция; винные дрожжи *S. cerevisiae* Litto-Levure, *S. cerevisiae* Y-3980, шампанское вино, ароматобразующие соединения

## PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WINE STRAIN *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* Y-3980

Kotenko S.T., Khalilova E.A., Islammagomedova E.A., Aliverdieva D.A.

Precaspian Institute of Biological Resources of Dagestan Scientific Center RAS,

Makhachkala, e-mail: eslanda61@mail.ru

Yeast strain with improved fermentative activity, designed for the secondary fermentation of the tirage mixture under pressure was isolated. Molecular – genetic analysis identified that the strain belongs to the species *S. cerevisiae*. Morphological, physiological and cultural properties of the strain were investigated. It was found that Y-3980 was capable to excrete aromatic components: higher alcohols, higher boiling esters, terpene compounds, fatty acids and essential amino acids that enhance the quality, flavor and aroma of the wine. The wine manufactured with the above strain contained smaller quantities of isobutanol, ethyl acetate and larger quantities of high boiling esters, e. g. ethyl lactate, diethyl succinate, geraniol acetate, β-phenyl acetate, diethyl malate, ethyl linoleate. Champagne brand «Brut» produced with the use of a strain of *S. cerevisiae* Y-3980, has a delicate aroma, harmonious taste, high sparkling and foaming properties, long game, an average fine-dispersed foaming. The strain is of interest for use in the production of sparkling wines.

**Keywords:** selection; wine yeast *S. cerevisiae* Letto-Levure Champansky CHA, *S. cerevisiae* Y-3980, aroma-forming compounds

В настоящее время актуальность представляют прикладные и фундаментальные исследования по селекции перспективных штаммов винных дрожжей, способных улучшить качество игристых вин [8]. Наиболее распространенными винными дрожжами являются *Saccharomyces cerevisiae* благодаря их толерантности к относительно высокому содержанию спирта (свыше 10–12% об.), углекислому газу (6–7 г/дм<sup>3</sup>); рН (2,8–3,2), сернистому ангидриду (50–200 мг/дм<sup>3</sup>), повышенному давлению (до 0,5 МПа), холодостойкости (8–15 °С), диоксиду серы. Количество биохимически активных компонентов, содержащихся в вине, зависит от многих факторов: генетических особенностей дрожжей; содержания предшественников вкуса и аромата (аминокислот, ферментов, липидов, полисахари-

дов, фенольных веществ и других соединений) в составе среды брожения; наличия киллер-фактора, технологии производства игристого вина и других факторов.

Известны отечественные культуры дрожжей, используемые для производства шампанского, *S. vini*: Ш-39, ШП-1, МШ, 5/82, Штейнберг-1892, Харьковская-39, Ш-2, Ш-5, М-1 и расы зарубежной селекции *S. cerevisiae* MC001 и MC002, Litto-Levure [3, 6, 10]. Однако штаммы сухих дрожжей зарубежных производителей не всегда адаптированы к особенностям отечественного шампанского производства, что отражается негативно на качестве продукции. Кроме того, практика показала, что штаммы, применявшиеся в промышленности несколько десятков лет, постепенно теряют свои ценные признаки и свойства. Поэтому большое

значение придается селекции дрожжей, применяемых в производстве шампанского, адаптированных к условиям предприятия.

Цель настоящей работы – получение штамма дрожжей *S. cerevisiae*, обладающего высокой бродильной активностью, способного сохранять биохимические и технологические свойства в процессе шампанизации.

### Материалы и методы исследований

В работе были использованы винные штаммы *Saccharomyces cerevisiae* Y-3980 (Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов ФГУП ГосНИИГенетика), выделенный из шампанизируемого вина на ОАО «Дербентский завод игристых вин» (г. Дербент), и исходный *Saccharomyces cerevisiae* *Litto-Levure*, который служил в качестве контроля.

Селекция и морфо-физиологические свойства выделенных штаммов. Выделение чистой культуры из резервуаров на стадии дображивания бродильной смеси периодическим способом на брют осуществлялось путем последовательных рассевов в чашки Петри на плотную питательную среду, содержащую 2% агара и виноградное сусло. Отбор дрожжей проводился методом Линдлера из более 260 колоний по морфологическим, культуральным, физиолого-биохимическим свойствам (бродильная способность, холодостойкость, устойчивость к сернистому ангидриду и повышенному давлению). Бродильную активность исследуемых штаммов оценивали по скорости сбраживания тиражной смеси с рН 3,3, содержащей 2,5% углеводов в колбах с бродильными затворами до полной остановки брожения. Морфологию клеток (форма, величина клеток, способ вегетативного размножения) изучали в световом микроскопе «Olympus CX21 FS1» (Япония). Спорообразование дрожжей индуцировали через двое суток на стандартной ацетатной среде, г/л: бактоагар – 20;  $\text{CH}_3\text{COONa}$  – 10;  $\text{KCl}$  – 5. Диагностическая характеристика (способность усваивать азотистые вещества, органические кислоты, углеводы) штамма проводилась согласно общеизвестным методам [5].

Дрожжи культивировали в тиражной среде из следующих виноматериалов, %: Пино – 40, Рислинг – 20, Али – Готе – 20, Шардоне – 20. Бродильная смесь содержала 2,5% углеводов, 11,2% спирта; имела титруемую кислотность 9,1 г/дм<sup>3</sup>, летучую – 0,17 г/дм<sup>3</sup>; фенольные вещества составляли – 0,3 г/дм<sup>3</sup>, редутоны – 17,8 г/дм<sup>3</sup>. Посевной материал, выросший на агаризованной среде и после 48 ч роста в глубинной культуре на виноградном сусле, составлял, 3% от объема среды. Шампанизация виноматериалов проводилась периодическим способом в акротофоре при 9–10°C и давлении 0,4–0,5 МПа, рН 3,3–3,5 в течение 20 дней.

Молекулярно-генетические исследования. Таксономическую принадлежность штамма определяли по фенотипическим признакам до вида по определителям Кудрявцева [5]. Видовую идентификацию штамма Y-3980 проводили на основе анализа нуклеотидных последовательностей ITS1-5.8S-ITS2 региона рДНК. Выделение ДНК и проведение ПЦР выполняли по стандартной методике, описанной в работе [2]. Для амплификации использовали праймеры ITS1f (5'-CTTGGTCATTTAGAGAAGTA) и NL4 (5'-GGTCCGTGTTTCAAGACGG). Секвенирование амплифицированного фрагмента ДНК проводили

в научно-производственной компании «Синтол» (Москва). Видовую идентификацию осуществляли сравнением полученных нуклеотидных последовательностей с данными, размещенными в генбанке NCBI (ncbi.nlm.nih.gov) и базе данных CBS (cbs.knaw.nl).

Ароматические вещества определяли методами масс-спектрометрии (ГХ МС) на ГХ МС НД 5988 А фирмы «Hewlett-Packard» (США) и газовой хроматографии – пламенно-ионизационным детектором (ГХ – ПИД) на ГХ ПИД НД – 5710 фирмы «Hewlett-Packard» (США) с платой сбора информации «Multichrom» фирмы «Ampersand» (Россия).

Свободные аминокислоты в шампанских винах определяли в стандартном режиме анализа белковых гидролизатов, используя высокоэффективные ионообменные колонки и специальный нингидриновый реагент для детектирования элюирующих аминокислот на жидкостном хроматографе L-8800 (Hitachi, Япония) по методике [9].

Жирные кислоты. Для получения метиловых эфиров жирных кислот из триглицеридов использовали метод прямой переэтерификации с метанольным раствором метилата натрия как описано [1]. Фракционирование метиловых эфиров жирных кислот в этаноле осуществляли методом газовой хроматографии на хроматографе «TRACE-2000» (Италия) с пламенно-ионизационным детектором (PID) на капиллярной газохроматографической колонке HP-FFAP (США) (50 м×0,32 мм×0,52 мкм) с 10% диэтиленгликоль – сукцинатом (США). Температура колонки 185°C, испарителя – 230°C. В качестве газоносителя использовали азот (1,8–2,7 дм<sup>3</sup>/ч).

Результаты рассчитывали как среднее арифметическое из трех повторных опытов с учетом средней ошибки.

### Результаты исследования и их обсуждение

Культуральные свойства, морфология. В результате промышленной селекции выделен новый штамм дрожжей, который депонирован в Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов ФГУП ГосНИИГенетика, под номером *S. cerevisiae* Y-3980. В тиражной смеси клетки нового штамма округлой формы размером 9,2×9,4 мкм, *S. cerevisiae* *Litto-Levure* – овально-округлые, удлиненные 8,3×10,1 мкм. Диаметр двадцатисуточной культуры *S. cerevisiae* Y-3980 составляет 4,3×3,8 см, *S. cerevisiae* *Litto-Levure* – 3,5×3,3 см. Штамм *S. cerevisiae* Y-3980 размножается почкованием, обладает способностью к спорообразованию и на 5–6-е сутки образует по 1–2 споры в клетке, форма спор шаровидная с гладкой стенкой, от одной до четырех в аске, размеры 2,5–2,9 мкм. После сбраживания тиражной смеси образуется зернистый осадок. *S. cerevisiae* Y-3980 формирует на поверхности агаризованной среды округлые макроколонии с волнистым краем, выпуклые, кремового цвета, с гладкой блестящей поверхностью, с растущим в субстрат темно-палевым центром, небольшой радиальной складча-

тостью (рисунок). Макроколония исходного штамма (контроль) *S. cerevisiae* Litto-Levure имеет форму цветка неправильной формы с бежевыми концентрическими кругами, волнистым краем, срастающимся в субстрат темно-палевым центром; поверхность блестящая. Колонии имеют гомогенную структуру и мажущуюся консистенцию. Следует отметить, что некоторое изменение пигментации и аромата колоний дрожжей, возможно, имеет тесную корреляцию с образованием вторичных метаболитов, образованных в процессе спиртового брожения. Это летучие примеси, составляющие комплекс ароматических компонентов, количество которых формирует характерные сенсорные свойства конечного продукта брожения – этилового спирта.

**Бродильная активность.** Штамм *S. cerevisiae* Y-3980 обладает высокой бродильной активностью, сбрасывает тиражную смесь на 48 ч быстрее контрольного штамма и образует спирт 11,3 об. %.

**Биохимические свойства.** Высшие спирты. Обнаружено, что при использовании штамма *S. cerevisiae* Y-3980 суммарное количество высших спиртов, составляющих основу в формировании букета шампанского,

на 24% больше по сравнению с контролем (табл. 1). Количество β-фенилэтанола с ароматом розы и пропанола в опытном шампанском выше в 1,4 и 1,6 раз, чем в контроле соответственно. Содержание изобутанола, оказывающего отрицательное влияние на букет шампанского, в 2,2 раза меньше в опытном шампанском по сравнению с контролем.

**Терпеновые соединения.** Выделенный штамм синтезирует вдвое больше, чем контрольный, такие терпеновые соединения, как гераниол, цис-фарнезол и транс-фарнезол, придающие аромату шампанского цитронные тона и оттенки аромата розы (табл. 2), что характерно для лучших образцов шампанского.

Сложные эфиры, являющиеся важнейшей ароматической составляющей, представлены 8 компонентами (табл. 3). Содержание этиллактата, гераниолацетата, диэтилмалата, улучшающих вкус, аромат и формирование в букете вина подсолнечных тонов, в опытном вине выше на 46,7; 50,0 и 20,7% соответственно. Обнаружена более высокая доля высококипящих сложных эфиров в опытном варианте (66,1:73,7%, контроль:опыт) по сравнению с легкокипящими, что является необходимым условием качества букета шампанского вина.



а



б

Макроколонии штаммов:

а – *S. cerevisiae* Litto-Levure (исходный);

б – *S. cerevisiae* Y-3980 (опытный) на суцло-агаре на 20-е сутки (натуральная величина)

Таблица 1

Содержание спиртов в шампанских винах, мг/дм<sup>3</sup>

Компоненты	Штаммы	
	Контроль Штамм <i>S. cerevisiae</i> Litto-Levure	Опыт <i>S. cerevisiae</i> Y-3980
Пропанол	22,50	35,40
Изобутанол	1,12	0,51
н-Бутанол	следы	следы
Изопентанол	82,46	103,52
Гексанол	1,03	0,98
β-Фенилэтанол	12,04	17,00
Сумма	119,15	157,41

Таблица 2

Содержание терпеновых соединений в шампанских винах, мг/дм<sup>3</sup>

Компоненты	Штаммы	
	Контроль <i>S. cerevisiae</i> Litto-Levure	Опыт <i>S. cerevisiae</i> Y-3980
Окись линалоола-1	0,03	0,05
Окись линалоола-2	0,19	0,22
Линалоол	0,12	0,45
Гераниол	1,83	3,51
Цис-фарнезол	1,13	1,96
Транс-фарнезол	0,08	0,19
Сумма	3,38	6,38

Таблица 3

Содержание сложных эфиров в шампанских винах, мг/дм<sup>3</sup>

Сложные эфиры	Штаммы	
	Штамм <i>S. cerevisiae</i> Litto-Levure	Опыт <i>S. cerevisiae</i> Y-3980
Этилацетат	6,70	3,49
Этилкапроат	0,21	0,16
Этиллактат	10,31	15,12
Диэтилсукцинат	5,38	7,94
Гераниолацетат	0,08	0,12
β-Фенилэтилацетат	0,18	0,62
Диэтилмалат	12,45	15,03
Этиллинолеат	0,28	0,92
Сумма	35,59	43,40

При использовании селекционированных винных рас дрожжей важная роль принадлежит полиненасыщенным жирным кислотам в качестве предшественников ряда биологически активных соединений и ответственных за травяной аромат шампанского. Большое накопление жирных кислот может оказывать влияние на игристые и пенные свойства шампанского [7]. Доминирующее положение занимают пальмитиновая C<sub>16:0</sub>, линолевая C<sub>18:2ω-6</sub> и линоэладиковая C<sub>18:2</sub> кислоты, составляющие до 35,0; 30,0 и 14,0% от общей суммы жирных кислот, соответственно. Содержание жирных кислот C<sub>10:0</sub> и C<sub>12:0</sub>, обуславливающих маслянисто-цветочный запах в шампанском, в 2 раза меньше, чем в контроле, что характеризует качество вина. Суммарное количество ненасыщенных жирных кислот (C<sub>14:1ω-9</sub>, C<sub>17:1</sub>, C<sub>18:2</sub>, C<sub>18:2ω-6</sub>, C<sub>24:1ω-9</sub>) на 40,9% выше в опытных вариантах, в основном, за счет линолевой C<sub>18:2ω-6</sub> и линоэладиковой C<sub>18:2</sub> кислот, соответственно на 45,3 и 36,1%. Количество полиеновых кислот в опытном шампанском в 1,4 раза выше контрольного.

Исследование аминокислот, улучшающих аромат игристых вин, показало, что количество аминокислот в опытном вариан-

те с использованием нового селекционного штамма превышает аналогичные показатели контроля почти в 1,3 раза. Количество незаменимых аминокислот (валин, лейцин, изолейцин, треонин, метионин, фенилаланин, лизин) в шампанском вине при использовании штамма *S. cerevisiae* Y-3980 вдвое выше контрольного образца. Как правило, содержание пролина доминирует в пуле аминокислот [8], концентрация его во всех вариантах шампанских вин составляет 49,0–55,2% от суммы аминокислот. Количество метионина, цистеина и аланина в качестве антиоксидантов, оказывающих протекторный эффект на клеточные мембраны живого организма, выше в опытном вине в 1,5; 2,2 и 1,4 раза соответственно.

Шампанское марки «Брют», полученное с использованием штамма *S. cerevisiae* Y-3980, светло-соломенного цвета, с тонким ароматом, гармоничным вкусом, высокими игристыми и пенными свойствами, длительной игрой, средним мелкодисперсным пенообразованием. Шампанское имеет высокую оценку (9,2 балла). Получен Патент РФ № 2526493 [4].

Авторы выражают благодарность за помощь в проведении селекционных работ

*и полупроизводственных испытаний нового штамма для производства шампанского генеральному директору ОАО «Дербентский завод игристых вин» (г. Дербент) М.М. Садулаеву, зам. генерального директора Ю.Л. Пальян и сотрудникам научно-производственной компании «Синтол» (Москва) в проведении генетических исследований.*

### Список литературы

1. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. – М.: Высшая школа. 2002. ISBN 5-06-003560-3. – 481 с.
2. Качалкин А.В. Новые данные о распространении некоторых психрофильных дрожжевых грибов в Московской области // Микробиология. – 2010. – Т. 79, № 6. – С. 843–847.
3. Котенко С.Ц., Халилова Э.А., Гасанов Р.З. Биологически активные соединения шампанского, полученного с использованием нового штамма *Sacharomyces cerevisiae* Y-3980 // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2014. – № 2. – С. 13–16.
4. Котенко С.Ц., Садулаев М.М., Пальян Ю.Л., Халилова Э.А., Исламгагомедова Э.А., Аливердиева Д.А. Штамм дрожжей *Sacharomyces cerevisiae* для производства шампанского // Патент РФ № 2526493. – 2014. – Бюл. № 23.
5. Кудрявцев В.И. Систематика дрожжей. – М.: Изд-во АН СССР. 1954. – 426 с.
6. Мартыненко Н.Н., Грачева И.М. Имобилизованные шампанские дрожжи. Физиолого-биохимические особенности и участие в шампанзации вин (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39, № 5. – С. 501–508.
7. Неппер Д.Н. Some aspects of physical chemistry, bubble and foam phenomena in sparkling wine // Proceedings of the sixth Australian wine industry technical conference. – 2006. – P. 237–246.
8. Martinez-Rodriguez A.J., Carrascosa V., Martin-Alvarez P.J., Moreno-Arribas V., Polo M. C. // Journal of industrial microbiology and biotechnology. – 2002. – Т. 29, № 6. – P. 314–322.
9. Moore S., Spackman D.H., Stein W.H. Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. An improved system // Anal. Chem. – 1958. – Vol. 30, № 7. – P. 1185–1190.
10. Perrot L., Charpentier M., Charpentier C., Feuillat M., Chassagne D. // Journal of industrial microbiology and biotechnology. – 2002. – № 29. – P. 134–139.

### References

1. Zolotov Ju.A. Osnovy analiticheskoy khimii. M.: Vysshaja shkola. 2002. ISBN 5-06-003560-3. 481 c.
2. Kachalkin A.V. Novye dannye o rasprostranении nekotoryh psihrofilnyh drozhzhevyyh gribov v Moskovskoy oblasti // Mikrobiologiya. 2010. T. 79, no. 6. pp. 843–847.
3. Kotenko S.C., Halilova Je.A., Gasanov R.Z. Biologicheski aktivnye soedinenija shampanskogo, poluchennogo s ispolzovaniem novogo shtamma *Sacharomyces cerevisiae* Y-3980 // Proizvodstvo spirta i likerovodochnyh izdelij. 2014. no. 2. pp. 13–16.
4. Kotenko S.C., Sadulaev M.M., Paljan Ju.L., Halilova Je.A., Islammagomedova Je.A., Aliverdieva D.A. Shtamm drozhzhej *Sacharomyces cerevisiae* dlja proizvodstva shampanskogo // Patent RF no. 2526493. 2014. Bjul. no. 23.
5. Kudrjavcev V.I. Sistematika drozhzhej. M.: Izd-vo AN SSSR. 1954. 426 p.
6. Martynenko N.N., Gracheva I.M. Immobilizovannye shampanskije drozhzhi. Fiziologo-biohimicheskie osobennosti i uchastie v shampanzacii vin (obzor) // Prikladnaja biohimija i mikrobiologija. 2003. T. 39, no. 5. pp. 501–508.
7. Неппер Д.Н. Some aspects of physical chemistry, bubble and foam phenomena in sparkling wine // Proceedings of the sixth Australian wine industry technical conference. 2006. pp. 237–246.
8. Martinez-Rodriguez A.J., Carrascosa V., Martin-Alvarez P.J., Moreno-Arribas V., Polo M. C. // Journal of industrial microbiology and biotechnology. 2002. T. 29, no. 6. pp. 314–322.
9. Moore S., Spackman D.H., Stein W.H. Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. An improved system // Anal. Chem. 1958. V. 30, no. 7. pp. 1185–1190.
10. Perrot L., Charpentier M., Charpentier C., Feuillat M., Chassagne D. // Journal of industrial microbiology and biotechnology. 2002. no. 29. pp. 134–139.

### Рецензенты:

Аджиев А.Н., д.с.-х.н., профессор, генеральный директор Дагестанский научно-исследовательский, проектно-технологический институт виноградарства, садоводства и мелиорации «Агроэкопроект», г. Махачкала;

Омаров К.З., д.б.н., профессор, зав. лабораторией экологии, ФГБУН «Прикаспийский институт биологических ресурсов» Дагестанского научного центра Российской академии наук, г. Махачкала.

УДК 634.965.2:634.93

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ АДАПТАЦИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР СОСНЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

**Морозова Е.В., Иозус А.П.**

*Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный  
технический университет», Камышин, e-mail: konvvert@yandex.ru*

Географические культуры сосны второго поколения были заложены в Камышинском лесхозе Волгоградской области из 22 климатипов в 1989 году на площади 12 га с целью выделения климатипов, имеющих в условиях аридного региона, вне ареала распространения, хороший рост, состояние, устойчивость к неблагоприятным факторам. В географических культурах сосны второго поколения к возрасту 2 + 25 лет были выделены перспективные климатические экотипы. В этом возрасте сохранность всех климатипов в географических культурах сосны достаточно высока, что свидетельствует о стабилизации сохранности. Исследованиями установлено, что в условиях сухой степи особенности роста при семенном размножении географических культур сосны первого поколения не передаются по наследству географическим культурам второго поколения. Возможно, решающее значение здесь имеют лесорастительные условия, в том числе эдафический фактор, которые у географических культур первого и второго поколений различаются достаточно сильно.

**Ключевые слова:** климатипы, географические культуры, второе поколение, аридный регион, сосна, рост, развитие

## FEATURES OF ADAPTATION PROCESSES GEOGRAPHICAL CROPS OF PINE SECOND GENERATION IN CONDITIONS OF DRY STEPPE THE LOWER VOLGA REGION

**Morozova E.V., Iozus A.P.,**

*Kamyshin Technological Institut (branch) of Volgograd State Technical University,  
Kamyshin, e-mail: konvvert@yandex.ru*

Geographic crops of pine the second generation were laid in the Kamyshinsky forestry Volgograd region of 22 climatypes in 1989 on an area of 12 hectares with a view to allocation of climatypes having in arid region, outside area of distribution, good growth, condition, resistance to unfavorable factors. Among geographical crops of the second generation of pine to the age 2 + 25 years were identified promising climatic ecotypes. At this age, the preservation of all climatypes in geographic cultures of pine is quite high, indicating a stabilization of the preservation. Research has shown that features of growth of geographic crops of the first generation of pine is not inherited geographic cultures of the second generation when reproduction using seeds in conditions of dry steppe. Perhaps the decisive importance here are forest conditions, including edaphic factors that have in geographic cultures of the first and second generations differ quite strongly.

**Keywords:** climatypes, geographical crops, the second generation, arid region, pine, growth, development

Одним из наиболее эффективных направлений повышения устойчивости, долговечности и продуктивности сосновых насаждений в Нижнем Поволжье являются опыты с географическими культурами, в которых проводится селекционный отбор климатических экотипов, имеющих здесь хороший рост, состояние, устойчивость к неблагоприятным факторам. При этом искусственный отбор проводится на фоне активного течения процессов естественного отбора, что в конечном итоге способствует выделению наиболее приспособленных климатипов и генотипов.

**Цель исследования** – на основании изучения особенностей роста, развития и особенностей адаптации климатипов сосны обыкновенной вне ареала их естественного произрастания в сухой степи Нижнего По-

волжья выделить наиболее перспективные из них для дальнейшего выращивания в условиях региона.

### Материалы и методы исследования

Объектом для изучения географической изменчивости в зоне исследований служили географические культуры, созданные в 1976 году под руководством Г.Я. Маттиса [2] с использованием 35 климатических экотипов на площади 17,6 га, и географические культуры сосны второго поколения, созданные в 1989 году под руководством А.П. Иозуса с использованием 22 климатических экотипов на площади 12 га в Камышинском лесхозе Волгоградской области [2, 3].

Общая приживаемость географических культур сосны первого поколения Камышинского лесхоза в 1976 году составила 51,2%. Из представленных групп лесорастительных зон самую высокую приживаемость показала Центрально-Сибирская – 69,4%, самую маленькую – Центральная лесная зона – 45,8%. По климатипам самую высокую приживаемость

показал Красноярский климатип – 73,8%, а самую низкую – Рязанский – 30,7%. Низкая приживаемость географических культур вызвана массовым поражением их шютте.

В последующие три года сохранность культур по существу стабилизировалась и незначительно снизилась. В целом неплохую приживаемость в год посадки и высокую сохранность показали представители степной зоны, Воронежский климатип из степной зоны ЦЧО, Пензенский и Ульяновский климатипы из Восточно-Европейской части лесостепной зоны, Абазинский и Минусинский климатипы из лесной зоны Центральной Сибири; Тувинский климатип из лесной зоны Забайкалья.

В 1984 году культуры были пройдены рубками ухода, выбрано около 15% имеющихся деревьев.

В 1987–1989 гг. была проведена работа по закладке географических культур второго поколения. Причиной явилось то, что культуры первого поколения были заложены в довольно тяжелых лесорастительных условиях, была велика вероятность их выппада в неблагоприятных условиях. Кроме этого, большой интерес представляют данные об адаптации, особенностях роста культур второго поколения по сравнению с культурами первого поколения. С этой целью в 1987 году в культурах первого поколения были собраны семена. Для обеспечения чистоты популяций сбор производили в центрах участков климатических экотипов. Кроме того, как установлено в результате наблюдений, климатипы различаются между собой в сроках прохождения фенофаз на 1–5 дней, поэтому вероятность переопыления между климатипами снижается.

### Результаты исследования и их обсуждение

Было собрано 34 образца семян. Они были высеяны в Тихомировском питомнике и питомнике опорного пункта ВНИАЛМИ. Осенняя инвентаризация 1988 года показала, что всего было выращено около 40 тыс. шт. посадочного материала.

Количество сеянцев некоторых климатипов было невелико, поэтому изучали только 22 климатипа. Повторность трехкратная, площадь одного блока 0,165 га.

Размещение деревьев 3×1 м, площадь участка 12 га. Приживаемость составила 68% и колебалась от 48 у Кировского климатипа, до 82% у Черкасского климатипа. В год посадки климатипы дали приросты.

В таблице приводятся данные по росту и рангу климатипов. Наибольшие приросты в первый год были у Львовского, Воронежского, Ростовского и Донецкого климатипов, что во многом определялось качеством посадочного материала. Климатипы относятся к степной и лесостепной зонам. В 1990 году была определена сохранность, она по существу стабилизировалась и незначительно снизилась на 3–5%, что в некоторых случаях объясняется повреждениями при уходах.

Рост и сохранность климатипов в географических культурах сосны второго поколения 1989 года посадки

Наименование климатипа	Средняя высота сосен, м				Ранг по высоте				Сохранность на 2014 г.	
	1989	1990	1998	2014	1989	1990	1998	2014	%	ранг
	Саратовский, Вольский	0,20	0,40	3,9	7,6	7	7	7		
Московская, Куровский	0,23	0,42	4,3	8,1	4	5	3	1	45	9
Оренбургская, Бузулукский	0,22	0,40	4,3	8,0	5	7	3	2	44	10
Ростовский, Вешенский	0,24	0,45	4,4	7,7	3	3	2	5	55	5
Львовская, Самборский	0,29	0,48	4,2	7,3	1	1	4	8	58	2
Прикарпатье, Надворнянский	0,23	0,42	4,3	7,9	4	5	3	3	56	4
Ульяновская, Мелекесский	0,22	0,43	4,2	7,3	5	4	4	8	57	3
Кокчетавская, Урушайский	0,19	0,40	3,9	8,0	8	7	7	2	42	11
Пензенская, Инзенский	0,21	0,42	4,1	7,4	6	5	5	7	44	10
Воронежский, Воронцовский	0,26	0,47	4,8	7,7	2	2	1	5	60	1
Рязанская, Солдчинский	0,15	0,38	4,1	8,0	11	9	5	2	47	8
Красноярский, Абазинский	0,19	0,40	4,0	7,9	8	7	6	3	42	11
Кировская, Вятско-Полянский	0,20	0,37	4,2	8,0	7	10	4	2	40	12
Тамбовская, Черновский	0,21	0,40	4,0	7,8	6	7	6	4	48	7
Новосибирская, Сузумский	0,16	0,35	4,3	7,7	10	12	3	5	52	6
Орловская, Верховский	0,20	0,40	4,1	8,0	7	7	5	2	56	4
Черкасская, Черкасский	0,16	0,39	4,3	8,0	10	8	3	2	60	1
Житомирский, Славянский	0,22	0,41	3,7	7,6	5	6	8	6	55	5
Донецкая, Славянский	0,24	0,45	4,1	7,7	3	3	5	5	48	7
Волгоградская, Камышинский	0,17	0,36	4,1	8,0	9	11	5	2	55	5

Как видно из таблицы, тенденция роста климатипов в 1989 году сохранилась и в 1990 году. Приросты составили в среднем около 20 см. Ранга по росту не изменили и остались лучшими Львовский, Воронежский, Ростовский и Донецкий климатипы, стабилен ранг у Саратовского климатипа, у других же климатипов наблюдались колебания на 1–3 ранга.

В 1998 году по-прежнему лучшим ростом отличались Воронежский, Ростовский. В возрасте 2 + 9 лет в группу перспективных также вошли Оренбургский, Черкасский, Московский, Новосибирский, Прикарпатский климатипы – представители самых разных лесорастительных зон.

Эти результаты были приняты как предварительные, и в 2014 году в возрасте культур сосны 2 + 25 лет также были проведены обследования географических культур с целью изучения адаптационных особенностей климатипов. В этом возрасте лучший рост показали Московский, Оренбургский, Кокчетавский, Рязанский, Кировский, Орловский, Черкасский и Камышинский климатипы. К этому возрасту показатели роста климатических экотипов значительно выровнялись. Коэффициент вариации невысок, менее 0,2, что свидетельствует о большей адаптированности географических культур второго поколения к почвенно-климатическим условиям региона по сравнению с географическими культурами первого поколения.

По сохранности, которая определяет устойчивость климатипов сосны в тяжелых почвенно-климатических условиях, лучшими в возрасте 2 + 25 лет являются Воронежский, Черкасский, Львовский, Ульяновский, Прикарпатский и Орловский. В целом сохранность всех климатипов в географических культурах сосны достаточно высока, что свидетельствует о стабилизации сохранности в этом возрасте. Культуры достаточно успешно перенесли сильнейшую засуху 2010 года.

Некоторые исследователи по результатам исследований в зоне экологического оптимума считают, что уровень индивидуальной изменчивости адаптивных признаков в популяции сосны довольно высок [1, 4, 5]. В аридном регионе нами отмечена противоположная тенденция – уровень индивидуальной изменчивости во втором поколении природных популяций снижается.

Ранее нами на опытах с географическими культурами первого поколения было установлено, что в условиях сухой степи относительная стабилизация рангов по росту культур в высоту и сохранность наступает в возрасте 18–20 лет. К возрасту проведения исследований 2 + 25 лет естественный отбор уже элиминирует биотипы, неустойчивые к основному лимитирующему фактору сухой степи Нижнего Поволжья – засухе. И, следовательно, полученные результаты мож-

но считать объективными и достоверными для оценки адаптационных способностей климатических экотипов первого и второго поколений в условиях аридного региона.

Для изучения адаптации и степени передачи наследственных свойств географических культур сосны второго поколения произвели корреляционный анализ рангов роста географических культур первого поколения по отношению к рангам роста культур второго поколения.

Были вычислены  $r_{I/II} = -0,33$  и  $r_{II/I} = 0,45$ .

Видно, что  $|r_{I/II}| < r_{II/I}$ . Следовательно, связь между ростом культур первого и второго поколения установить не удалось.

### Выводы

Можно предположить, что в условиях сухой степи особенности роста при семенном размножении географических культур первого поколения не передаются по наследству географическим культурам второго поколения. Возможно, решающее значение здесь имеют лесорастительные условия, в том числе эдафический фактор, которые у географических культур первого и второго поколений различаются достаточно сильно.

### Список литературы

1. Вересин М.Н., Ефимов Ю.П., Арефьев Ю.Ф. Справочник по лесному селекционному семеноводству. – М.: Агропромиздат. 1985. – 245 с.
2. Иозус А.П., Крючков С.Н. Перспективные климатипы сосны для защитного лесоразведения в условиях сухой степи // Бюллетень ВНИАЛМИ. – Вып.(2/54). – 1988. – С. 30–33.
3. Иозус А.П., Зеленьяк А.К., Маттис Г.Я. Селекция и семеноводство сосны для защитного лесоразведения в Нижнем Поволжье // Доклады Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2003. – № 4. – С. 54–62.
4. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. – М.: Наука, 1964. – 191 с.
5. Шутяев А.М. Географическая изменчивость древесных пород и ее использование при лесовыращивании // Генетика и селекция в лесоводстве: сборник научных трудов. – Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1991. – С. 124–138.

### References

1. Veresin M.N., Efimov Yu.P., Arefev Yu.F. Spravochnik po lesnomu selekcionnomu semenovodstvu. Moscow: Agropromizdat, 1985, pp. 245.
2. Iozus A.P., Kryuchkov S.N. Perspektivnye klimatipy sosny dlya zashchitnogo lesorazvedeniya v usloviyakh sukhoy stepi. Byulleten VNIALMI. No 2/54, 1988, pp. 30–33.
3. Iozus A.P., Zelenyak A.K., Mattis G.Ya. Seleksiya i semenovodstvo sosny dlya zashchitnogo lesorazvedeniya v Nizhnem Povolzhe. Moscow: Doklady Rossiiskoi Akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk, 2003, no. 4, pp. 54–62.
4. Pravdin L.F. Sosna obyknovennaya. Moscow: Nauka, 1964, pp. 191.
5. Shutyayev A.M. Geograficheskaya izmenchivost drevesnykh porod i ee ispolzovanie pri lesovyashchivanii. Genetika i seleksiya v lesovodstve: Sbornik nauchnykh trudov, Voronezh: TsNIILGIS, 1991, pp. 124–138.

### Рецензенты:

Васильев Ю.И., д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград;

Рулев А.С., д.с.-х.н., заместитель директора по науке, Всероссийский НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград.

УДК 616.831-005-02:575.174.015.3

**РОЛЬ ПОЛИМОРФИЗМА RS1333049 ХРОМОСОМЫ 9P21.3 В РАЗВИТИИ ОСТРОГО НАРУШЕНИЯ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ****Никулин Д.А., Никулина С.Ю., Шульман В.А., Чернова А.А., Третьякова С.С.***ГБОУ ВПО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации,**Красноярск, e-mail: nicoulina@mail.ru*

Настоящая статья посвящена изучению роли полиморфизма rs1333049 хромосомы 9p21.3 в развитии острого нарушения мозгового кровообращения. Обследованы 152 пациента (92 мужчины, 60 женщин) с острым нарушением мозгового кровообращения (ОНМК), из них 124 пациента с ишемическим инсультом и 28 человек с геморрагическим инсультом и 475 здоровых лиц (320 мужчин, 155 женщин), составивших контрольную группу. Всем пациентам проведено стандартное неврологическое клинико-инструментальное обследование и молекулярно-генетическое исследование. Статистическая обработка материала включала стандартный алгоритм статистических процедур. Полученные результаты показали статистически значимое преобладание редкого генотипа CC полиморфизма rs1333049 хромосомы 9p21.3 среди пациентов с ОНМК по ишемическому типу по сравнению с контрольной группой, что подтверждает предикторную роль указанного полиморфизма в развитии ОНМК.

**Ключевые слова:** хромосома 9p21.3, ишемический инсульт, геморрагический инсульт**THE ROLE OF RS1333049 POLYMORPHISM OF CHROMOSOME 9P21.3 IN THE DEVELOPMENT OF STROKE****Nikulin D.A., Nikulina S.Y., Shulman V.A., Chernova A.A., Tretyakova S.S.***State budgetary educational institution of higher professional education**«Krasnoyarsk state medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky»**of the Ministry of health of the Russian Federation, Krasnoyarsk, e-mail: nicoulina@mail.ru*

The present article is devoted to studying the role of polymorphism rs1333049 chromosome 9p21.3 in the development of stroke. The study involved 152 patients (92 men, 60 women), including 124 patients with ischemic stroke and 28 people with hemorrhagic stroke and 475 healthy individuals (320 men, 155 women) formed the control group. All patients underwent standard neurological clinical and instrumental examination and molecular genetic testing. The statistical analysis consisted of a standard algorithm of statistical procedures. The results showed a statistically significant predominance of rare CC genotype polymorphism rs1333049 chromosome 9p21.3 among patients of stroke in ischemic type in comparison with the control group, which confirms the predictive role of the specified polymorphism in the development of stroke.

**Keywords:** chromosome 9p21.3, ischemic stroke, hemorrhagic stroke

Этиологические факторы развития острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) весьма разнообразны. Выделяют корригируемые (нарушение синтеза холестерина, повышение артериального давления, образ жизни: курение, употребление алкоголя, низкая физическая активность и др.) и не корригируемые (наследственная обусловленность, пол, возраст) факторы риска развития инсультов [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Учитывая то, что корригируемые факторы риска возникновения ОНМК хорошо изучены, в последние годы все большую актуальность приобретает исследование генетической предрасположенности к инсульту [10, 11, 12].

Церебральный инсульт – это мультифакторное полигенное заболевание, предрасположенность к которому определяется аллельными вариантами генов, детерминирующими риск развития болезни при взаимодействии с определенными внешними факторами [13]. В последние

годы пристальное внимание исследователей обращено на ассоциацию острого нарушения мозгового кровообращения с однонуклеотидным полиморфизмом rs1333049 хромосомы 9p21.3.

M.G. Neckman et al. [14] выявили ассоциацию полиморфизма данного гена с развитием ишемического инсульта. Было обследовано 879 пациентов с ишемическим инсультом и 825 человек контрольной группы. Данное исследование показало высокую ассоциативную связь SNP, расположенных на 9 хромосоме, с развитием ишемического инсульта.

S. Olsson et al. [15], 2010 г., изучали ассоциативную связь rs7857345 с развитием ишемического инсульта в популяции жителей Швеции. Было обследовано 844 пациента с ишемическим инсультом в возрасте до 70 лет и 668 здоровых людей. Была показана достоверная связь данного полиморфизма 9 хромосомы с развитием ишемического инсульта.

В российской популяции роль полиморфизма rs1333049 хромосомы 9p21.3 в развитии ишемического инсульта до настоящего времени не исследована, что и послужило поводом для проведения настоящего исследования.

**Цель исследования** – изучить роль полиморфных аллельных вариантов rs1333049 (хромосома 9p 21.3) в развитии инсульта у больных с сердечно-сосудистой патологией.

#### Материалы и методы исследования

В исследовании принимали участие 152 пациента с острым нарушением мозгового кровообращения и 497 здоровых лиц (группа контроля). Пациенты с ОНМК находились на лечении в неврологическом центре Федерального государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Сибирский клинический центр Федерального медико-биологического агентства» г. Красноярск, где им было проведено стандартное клинико-инструментальное обследование и забор крови для молекулярно-генетического исследования. Все обследуемые пациенты подписывали информированное согласие, утвержденное локальным этическим комитетом КрасГМУ. Основная группа была подразделена на 2 подгруппы в зависимости от механизма ОНМК: 1 подгруппа – больные с ишемическим инсультом, 2 подгруппа – больные с геморрагическим инсультом. В первой подгруппе было 124 человека, средний возраст –  $58,41 \pm 11,39$  лет, из которых было 75 мужчин, средний возраст –  $57 \pm 11,51$  лет и 49 женщин, средний возраст –  $60,46 \pm 11,04$ . Во второй подгруппе было 28 больных, средний возраст –  $54,61 \pm 11,98$  лет, из которых было 17 мужчин, средний возраст –  $52,35 \pm 12,17$  лет, и 11 женщин, средний возраст –  $58,09 \pm 11,36$  лет. Клинико-инструментальное обследование основной группы включало оценку неврологических симптомов, исследование соматического статуса, контроль АД, запись ЭКГ, рентгенографию органов грудной

клетки, общий и биохимический анализы крови, УЗДС сонных артерий, КТ головного мозга. Молекулярно-генетические исследования проводились на базе лаборатории молекулярно-генетических исследований терапевтических заболеваний ФГБУ «НИИ терапии и профилактической медицины» СО РАМН (г. Новосибирск).

Группа контроля представлена популяционной выборкой здоровых лиц, жителей г. Новосибирска, обследованных в рамках программы ВОЗ «MONICA». В контрольной группе было 497 человек, средний возраст –  $57,45 \pm 7,19$  лет, из которых было 334 мужчины, средний возраст –  $57,0 \pm 6,99$  лет и 163 женщины, средний возраст –  $58,39 \pm 7,54$  лет. Обследование контрольной группы включало: измерение артериального давления, антропометрия (рост, вес), социально-демографические характеристики, опрос о курении, потреблении алкоголя (частота и типичная доза), уровне физической активности, оценка липидного профиля (общий холестерин, ОХС; триглицериды, ТГ; и холестерин липопротеидов высокой плотности, ХС-ЛВП), опрос на выявление стенокардии напряжения (Rose), ЭКГ покоя в 12 отведениях с оценкой по Миннесотскому коду, атропиновый тест для исключения CCCY, молекулярно-генетическое исследование полиморфизма гена ROS1.

Статистическая обработка материала проводилась с использованием пакета прикладных программ «Excel», «StatisticaforWindows 7.0» и «SPSS 13», использовали стандартный алгоритм статистических процедур. Критический уровень значимости ( $p$ ) при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимался равным 0,05.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты анализа CG полиморфизма полиморфного аллельного варианта rs1333049 хромосомы 9p21.3 среди больных ишемическим инсультом и в контрольной группе представлены в таблице.

Распределение частот генотипов и аллелей полиморфизма rs1333049 среди больных с ишемическим инсультом и лиц контрольной группы

Генотипы	Ишемический инсульт ( $n = 121$ )		Контроль ( $n = 497$ )		$p$
	$n$	$\% \pm m$	$n$	$\% \pm m$	
GG	28	$23,1 \pm 3,8$	131	$26,4 \pm 2,0$	0,542
CG	57	$47,1 \pm 4,5$	273	$54,9 \pm 2,2$	0,148
CC	36	$29,8 \pm 4,2$	93	$18,7 \pm 1,7$	<b>0,011*</b>
Аллели					
Аллель G	113	$46,7 \pm 3,2$	535	$53,8 \pm 1,6$	<b>0,046</b>
Аллель C	129	$53,3 \pm 3,2$	459	$46,2 \pm 1,6$	<b>0,046</b>
ОШ; 95% ДИ ОШ	1,331; 1,004–1,736				
Генотип GG	28	$23,1 \pm 3,8$	131	$26,4 \pm 2,0$	0,542
Генотипы CG + CC	93	$76,9 \pm 3,8$	366	$73,6 \pm 2,0$	0,542
ОШ; 95% ДИ ОШ	0,841; 0,527–1,342				

Примечание.  $p$  – уровень значимости при сравнении распределения генотипов с показателями группы контроля.

Как видно из представленной таблицы, частота гомозиготного генотипа GG по распространенному аллелю у больных с ишемическим инсультом составила  $23,1\% \pm 3,8$ , гетерозиготного генотипа CG –  $47,1\% \pm 4,5$  и гомозиготного генотипа CC по редкому аллелю –  $29,8\% \pm 4,2$ . В контрольной группе  $26,5\% \pm 2,0$  являлись носителями гомозиготного генотипа GG по распространенному аллелю,  $54,8\% \pm 2,2$  – носителями гетерозиготного генотипа CG и  $18,7\% \pm 1,7$  – носителями гомозиготного генотипа CC по редкому аллелю. Таким образом, установлено статистически значимое преобладание носителей гомозиготного генотипа CC по редкому аллелю среди больных с ишемическим инсультом ( $29,8\% \pm 4,2$ ) по сравнению с группой контроля ( $18,7\% \pm 1,7$ ),  $p = 0,011$ , а также аллеля С в группе больных ( $53,3\% \pm 3,2$ ) в сравнении с контролем ( $46,1\% \pm 1,6$ ),  $p = 0,046$  (таблица).

Частоты генотипов полиморфизма rs1333049 в популяции г. Новосибирска находились в равновесии Харди – Вайнберга (ХВ). Частоты генотипов и аллелей, изученных геномных локусов в контрольной популяционной выборке, соответствуют данным по другим европеоидным популяциям.

Среди женщин, перенесших ишемический инсульт, частота носителей гомозиготного генотипа CC по редкому аллелю ( $29,2\% \pm 6,6$ ) была выше по сравнению с контрольной группой ( $16,6\% \pm 2,9$ ), но результаты были статистически незначимы ( $p = 0,083$ ). Частота гетерозиготных носителей CG полиморфизма rs1333049 среди женщин с ишемическим инсультом ( $56,3\% \pm 7,2$ ) была несколько ниже в сравнении с группой контроля ( $59,5\% \pm 3,8$ ), та же тенденция и у носителей распространенного аллеля GG, в группе контроля ( $23,9\% \pm 3,3$ ) в сравнении с группой женщин с ишемическим инсультом ( $14,6\% \pm 5,1$ ), результаты статистически незначимы. Установлено преобладание аллеля С среди женщин с ишемическим инсультом ( $57,3\% \pm 5,0$ ) в сравнении с группой контроля ( $46,3\% \pm 2,8$ ), статистически незначимое,  $p = 0,076$ .

Частота гомозиготного генотипа GG по распространенному аллелю у мужчин с ишемическим инсультом составила  $28,8\% \pm 5,3$ , гетерозиготного генотипа CG –  $41,1\% \pm 5,8$  и гомозиготного генотипа CC по редкому аллелю –  $30,1\% \pm 5,4$ . В контрольной группе  $27,5\% \pm 2,4$  являлись носителями генотипа GG,  $52,7\% \pm 2,7$  – генотипа CG,  $19,8 \pm 2,2$  – генотипа CC. Не установлено статистически значимого преобладания ни одного из генотипов среди мужчин с ишемическим инсультом в сравнении с группой контроля.

При анализе распределения генотипов полиморфизма rs1333049 среди больных с геморрагическим инсультом и лиц контрольной группы были получены следующие результа-

ты.  $38,5\% \pm 9,5$  больных с геморрагическим инсультом были носителями гомозиготного генотипа по распространенному аллелю GG,  $42,3\% \pm 8,1$  – носителями гетерозиготного генотипа CG,  $42,3\% \pm 8,1$  – носителями гомозиготного генотипа по редкому аллелю CC. В контрольной группе генотип GG был выявлен у  $26,4\% \pm 2,0$ , генотип CG – у  $54,9\% \pm 2,2$ , генотип CC – у  $18,7 \pm 1,7$  здоровых лиц. Результаты статистически не значимы. Суммарное значение частот гетерозиготного генотипа CG и гомозиготного генотипа CC по редкому аллелю (носители других генотипов) встречалось у больных с геморрагическим инсультом в  $61,5\% \pm 9,5$ , в группе контроля –  $73,6\% \pm 2,0$ ) (ОШ = 0,573; 95% ДИ 0,253–1,294), результаты статистически не значимы.

При сравнении генотипов женщин с геморрагическим инсультом и лиц контрольной группы результаты были также статистически не значимы.  $36,4\% \pm 14,5$  женщин с геморрагическим инсультом являлись носителями генотипа GG,  $45,5\% \pm 15,0$  – носителями генотипа CG,  $18,2\% \pm 11,6$  – носителями генотипа CC. В контрольной группе у  $23,9\% \pm 3,3$  женщин был выявлен генотип GG,  $59,5\% \pm 3,8$  – генотип CG,  $16,6 \pm 2,9$  – генотип CC. Таким образом, в группе женщин с геморрагическим инсультом установлено некоторое преобладание носителей гомозиготного генотипа CC по распространенному аллелю в сравнении с группой контроля, а также тенденция к увеличению количества носителей гомозиготного генотипа CC по редкому аллелю в группе больных в сравнении с контролем. Частота носителей аллеля G среди женщин с геморрагическим инсультом составила  $59,1\% \pm 10,5$ , у лиц контрольной группы –  $53,7\% \pm 2,8$ . Частоты носителей аллеля С распределились следующим образом: женщины с геморрагическим инсультом –  $40,9\% \pm 10,5$  и контрольная группа –  $46,3\% \pm 2,8$ . Не выявлено статистически значимых отличий ни по одному генотипу между женщинами с геморрагическим инсультом и группой контроля.

В группе мужчин с геморрагическим инсультом установлено некоторое преобладание носителей гомозиготного генотипа CC по редкому аллелю ( $20,0\% \pm 10,3$ ) в сравнении с группой контроля ( $19,8\% \pm 2,2$ ), а также тенденция к уменьшению количества носителей гомозиготного генотипа GG по распространённому аллелю в группе больных ( $40,0\% \pm 12,6$ ) в сравнении с контролем ( $27,5\% \pm 2,4$ ), результаты статистически не значимы.

Результаты проведенного исследования позволили установить роль полиморфизма rs1333049 хромосомы 9p21.3 в патогенезе острого нарушения мозгового кровообращения у лиц сибирской популяции. Установлено статистически значимое преобладание

носителей гомозиготного генотипа СС по редкому аллелю среди больных с ишемическим инсультом по сравнению с группой контроля, а также аллеля С в группе больных в сравнении с контрольной группой. Полученные данные свидетельствуют о том, что указанный генотип является генетическим фактором риска развития ОНМК по ишемическому типу. Отсутствие статистически значимых результатов при анализе полиморфных аллельных вариантов rs1333049 хромосомы 9p21.3 у пациентов с геморрагическим инсультом может быть обусловлено небольшим числом наблюдений. Полученные результаты могут быть положены в основу создания генетического кластера острого нарушения мозгового кровообращения, создающего предпосылки для разработки комплекса профилактических мероприятий для конкретного индивидуума, что составляет основу предсказательной медицины.

#### Заключение

Однонуклеотидный полиморфизм rs1333049 хромосомы 9p21.3 может использоваться в качестве генетического маркера острого нарушения мозгового кровообращения по ишемическому типу. Наличие у пациента гомозиготного генотипа СС по редкому аллелю статистически значимо повышает риск развития ишемического инсульта.

#### Список литературы

1. Вклад генетических факторов в развитие артериальной гипертензии при разных типах инсульта у якутов / О.О. Фаворова, Т.Я. Николаева, С.А. Чугунова и др. // Кардиол. вестн. – 2007. – Т. II, № 1 (XIV). – С. 22–26.
2. Генетическая гетерогенность артериальной гипертензии, предшествующей развитию ишемического и геморрагического инсультов / М.Г. Парфенов, С.А. Чугунова, Т.Я. Ийкашева и др. // Молекуляр. медицина. – 2008. – № 2. – С. 55–59.
3. Генетические предикторы ишемического инсульта: современные представления / Е.В. Ковалева, Б.М. Доронин, В.В. Морозов и др. // Фундам. исслед. – 2013. – № 9–4. – С. 661–664.
4. Генетические предикторы кадиоэмболического инсульта у больных с фибрилляцией предсердий / В.А. Шульман, Н.В. Аксиотина, С.Ю. Никулина и др. // Рос.кардиол. журн. – 2014. – № 10. – С. 29–33.
5. Генетические факторы риска артериальной гипертензии (анализ пациентов якутской этнической группы, перенесших ишемический инсульт) / М.А. Судомойна, Т.Я. Николаева, М.Г. Парфенов и др. // Докл. РАН. – 2006. – Т. 410, № 6. – С. 832–834.
6. Дополнительные маркеры риска тромбоемболического инсульта у больных фибрилляцией предсердий / Е.В. Сердечная, Т.А. Истомина, Л.А. Кульминская и др. // Трансляц. медицина. – 2010. – № 5. – С. 25.
7. Значение молекулярно-генетических методов диагностики в профилактике ишемических инсультов / Г. Цветовская, Е.Д. Чикова, Н.В. Кох и др. // Фундам. исслед. – 2014. – № 7–5. – С. 1039–1043.
8. Кузнецова Т.Ю. Особенности ишемического инсульта у представителей одной из этнических групп, проживающих на территории Республики Мордовия // Мед. альм. – 2014. – № 3 (33). – С. 42–45.
9. Страмбовская Н.Н. Прогностическая роль полиморфных вариантов генов-кандидатов у больных ишемическим инсультом в Забайкалье // Фундам. исслед. – 2015. – № 1-1. – С. 140–144.
10. Fornage M. Genetics of stroke // Curr. Atheroscler. Rep. – 2009. – Vol. 11, № 3. – P. 167–174.
11. Genetic polymorphisms for the study of multifactorial stroke / A. Bersano, E. Ballabio, N. Bresolin et al. // Hum. Mutat. – 2008. – Vol. 29, № 6. – P. 776–795.
12. Orthostatic hypotension and novel blood pressure-associated gene variants: Genetics of Postural Hemodynamics (GPH) Consortium / A. Fedorowski, N. Franceschini, J. Brody [et al.] // Eur. Heart J. – 2012. – Vol. 33, № 18. – P. 2331–2341.
13. Torshin I.Yu. Bioinformatics in the post-genomic era: physiology and medicine. – N.Y. (USA): Nova Biomedical Book, 2007. – P. 35–67.
14. Genetic variants associated with myocardial infarction in the PSMA6 gene and Chr9p21 are also associated with ischaemic stroke / M.G. Heckman, A.I. Soto-Ortolaza, N.N. Diehl [et al.] // Eur. J. Neurol. – 2013. – Vol. 20, № 2. – C. 300–308.
15. Genetic variation on chromosome 9p21 shows association with the ischaemic stroke subtype large-vessel disease in Swedish sample aged  $\leq 70$  / S. Olsson, K. Jood, C. Blomstrand et al. // Eur. J. Neurol. – 2011. – Vol. 18, № 2. – C. 365–367.

#### References

1. Geht A.B., Gusev E.I., Sudomoina M.A., Favorova O.O., Kobylina O.V., Nikolaeva T.Ja., Parfenov M.G., Chugunova S.A. *Cardiol. Vest.*, 2007, no. 1 (XIV), pp. 22–26.
2. Geht A.B., Gusev E.I., Sudomoina M.A., Favorova O.O., Kobylina O.V., Nikolaeva T.Ja., Parfenov M.G., Chugunova S.A., Koljadina Ju.A. *Molec. Medicine*, no. 2, pp. 55–59.
3. Kovaleva E.V., Doronin B.M., Morozov V.V., Serjapina Ju.V. *Fundamental research*, 2013, no. 9, pp. 661–664.
4. Shulman V.A., Aksjutina N.V., Nikulina S.Ju., Nazarov B.V., Dudkina K.V., Maksimov V.N., Kozlov V.V., Kotlovskij M.Ju., Sinjapko S.F., Platunova I.M. *Russ. Card. Journal*, 2014, no. 10(114), pp. 29–33.
5. Nikolaeva T.Ja., Parfenov M.G., Alekseenkov A.D., Favorov A.V., Geht A.B., Gusev E. I., Favorova O. O. *RAS report*, 2006, no.6, pp. 832–834.
6. Serdechnaja E.V., Istomina T.A., Kulminskaja L.A., Tatarskij B.A., Kazakevich E.V., Kapustin S.I., Popov V.V. *Translational medicine*, 2010, no. 5, pp. 25.
7. Cvetovskaja G.A., Chikova E.D., Koh N.V., Morozov V.V., Kovaleva E.V., Lifshhich G.I. *Fundamental research*, 2014, no. 7–5, pp. 1039–1043.
8. Kuznecova T.Ju. *Med. Alm.*, 2014, no.3 (33), pp. 42–45.
9. Strambovskaja N.N. *Fundamental research*, 2015, no. 1–1, pp. 140–144.
10. Fornage M. *Curr. Atheroscler. Rep.*, 2009, no. 3, pp. 167–174.
11. Bersano A, Ballabio E, Bresolin N, Candelise L. *Hum. Mutat.*, 2008, no. 6, pp. 776–795.
12. Fedorowski A., Franceschini N., Brody J., Liu C., Verwoert G. C., Boerwinkle E., Couper D., Rice K.M., Rotter J.I., Mattace-Raso F. Uitterlinden A., Hofman A., Almgren P., Sjögren M., Hedblad B., Larson M.G., Newton-Cheh C., Wang T.J., Rose K.M., Psaty B.M. *Eur. Heart J.*, 2012, no. 18, pp. 2331–2341.
13. Torshin I.Yu. Bioinformatics in the post-genomic era: physiology and medicine. N.Y. (USA): Nova Biomedical Book, 2007, pp. 35–67.
14. Heckman M.G., Soto-Ortolaza A.I., Diehl N.N., Rayarolu S., Brott T.G., Wszolek Z.K., Meschia J.F., Ross O.A. *Eur. J. Neurol.*, 2013, no. 2, pp. 300–308.
15. Olsson S., Jood K, Blomstrand C. *Eur. J. Neurol.*, 2011, no. 2, pp. 365–367.

#### Рецензенты:

Петрова М.М., д.м.н., профессор, проректор по научной работе, ГБОУ ВПО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск;  
Матюшин Г.В., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой кардиологии и функциональной диагностики ИПО, ГБОУ ВПО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск.

УДК 664: 658.562

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА ПРОБ АЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ И ПИВА НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Ребезов М.Б., Чупракова А.М.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Челябинск, e-mail: pbio@ya.ru

Актуальным остается вопрос мониторинга качества и безопасности пищевых продуктов. Анализ данных мониторинга результатов исследования проб пищевых продуктов и продовольственного сырья за последние пять лет показывает, что наибольшее число результатов исследований приходится на диапазоны: менее 0,02 мг/кг для мышьяка, менее 0,01 мг/кг для свинца, менее 0,001 мг/кг для кадмия. Для анализа данных мониторинга результатов исследования проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание мышьяка, свинца и кадмия подробно представлены результаты исследований проб такой группы продуктов, как «Алкогольные напитки и пиво». При исследовании проб алкогольных напитков и пива на содержание мышьяка наибольшее число результатов исследований приходится на диапазон концентраций менее 0,02 мг/кг, что составляет 65,0% от общего числа исследований. На втором месте преобладают результаты диапазона 0,02–0,05 мг/кг, что составляет 21,7% от общего числа исследований. При исследовании проб на содержание свинца наибольшее число результатов исследований приходится на диапазон концентраций менее 0,01 мг/кг, что составляет 77,4% от общего числа исследований. На втором месте преобладают результаты диапазона 0,01–0,03 мг/кг, что составляет 11,6% от общего числа исследований. При исследовании проб на содержание кадмия наибольшее число результатов исследований приходится на диапазон концентраций менее 0,001 мг/кг, что составляет 76,6% от общего числа исследований. На втором месте преобладают результаты диапазона 0,001–0,005 мг/кг, что составляет 17,4% от общего числа исследований. Содержание мышьяка, свинца и кадмия во всех исследуемых образцах такой группы продуктов, как «Алкогольные напитки и пиво», не превышает предельно допустимых концентраций, что свидетельствует о низком уровне поступления этих элементов в организм человека с данными продуктами.

**Ключевые слова:** мониторинг, пищевые продукты, токсичные элементы, свинец, кадмий, мышьяк

## THE ANALYSIS OF THE MONITORING RESULTS OF SAMPLES OF ALCOHOLIC DRINKS AND BEER ON THE CONTENT OF HEAVY METALS

Rebezov M.B., Chuprakova A.M.

Federal State State-Financed Educational Institution of High Professional Education South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, e-mail: pbio@ya.ru

There is still remains the question of monitoring the quality and safety of food products. Analysis of monitoring data results of analysis of samples of food products and food raw materials over the past five years shows that the largest number of research results have on the ranges: less than 0,02 mg/kg for arsenic, less than 0,01 mg/kg for lead, less than 0,001 mg/kg for cadmium. For analysis of monitoring data results for analysis of samples of food products and food raw materials for arsenic, lead and cadmium in detail the results of the study samples of such group of products as Alcoholic drinks and beer. In the study samples for the presence of arsenic in the range of concentrations less than 0,02 mg/kg prevails group Alcoholic drinks and beer – 65,0% of the total number of studies. In the study samples for the content of lead is the largest number of research results is the range of concentrations less than 0,01 mg/kg, which is 77,4% of total research. In the study samples for the content of cadmium largest number of research results is the range of concentrations less than 0,001 mg/kg, which is 76,6% of the total research. The content of arsenic, lead and cadmium in all the samples of this group of products, such as Alcohol and beer does not exceed the maximum permissible concentrations, indicating a low level of income of these elements in the human body with these products.

**Keywords:** monitoring, food products, toxic elements, lead, cadmium, arsenic

С продуктами питания человек получает не только необходимые организму вещества, но и большое количество потенциально опасных токсичных соединений химической природы. С пищей в организм может поступать более 70% всех контаминантов. При разбалансированном питании, дефиците основных компонентов пищи (белков, незаменимых аминокислот, микроэлементов, витаминов) возрастает опасность вредного воздействия контаминированных продуктов на здоровье. Наиболее значимыми загрязнителями пищевых про-

дуктов в области остаются токсичные элементы. В связи с этим актуальным остается вопрос мониторинга качества и безопасности пищевых продуктов.

На базе кафедры «Прикладная биотехнология» были осуществлены исследования по определению содержания тяжелых металлов в пробах пищевых продуктов и продовольственного сырья [1, 5–11].

Мониторинг результатов анализа проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание свинца, кадмия и мышьяка за последние 5 лет представлен на рис. 1, 2, 3.

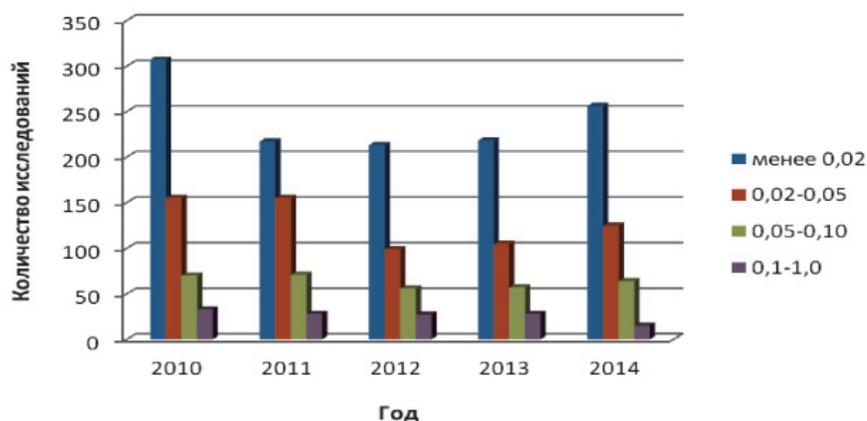


Рис. 1. Гистограмма мониторинга результатов анализа проб на содержание мышьяка

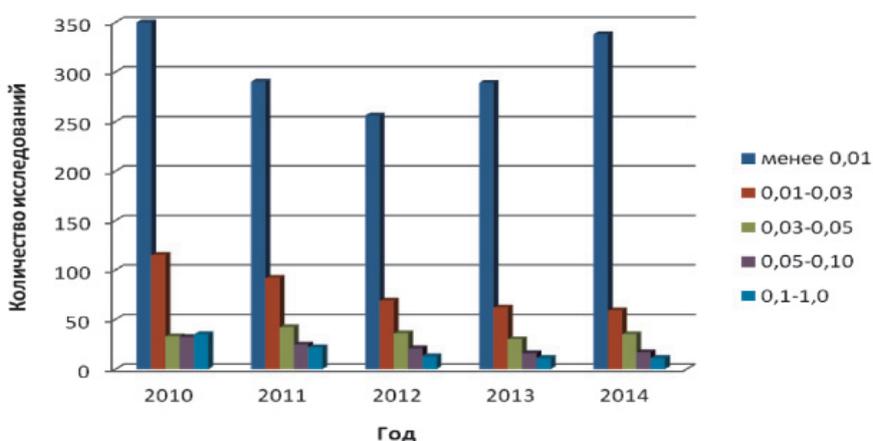


Рис. 2. Гистограмма мониторинга результатов анализа проб на содержание свинца

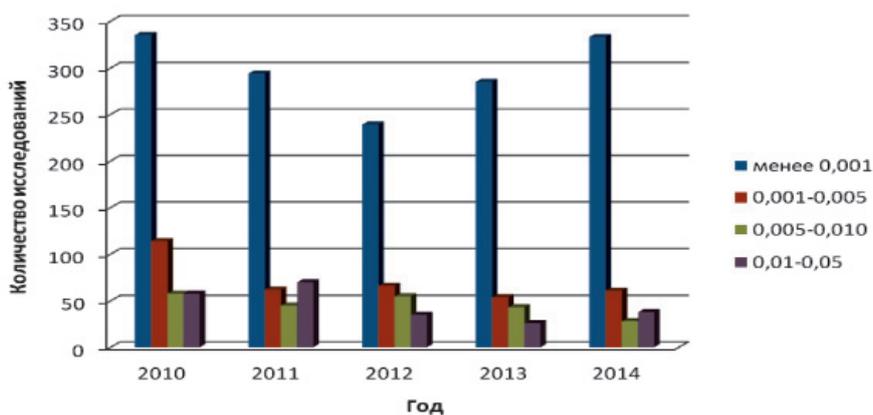


Рис. 3. Гистограмма мониторинга результатов анализа на содержание кадмия

Анализ данных гистограмм [1–11] показывает, что наибольшее число результатов исследований приходится на диапазоны: менее 0,02 мг/кг для мышьяка, менее 0,01 мг/кг для свинца, менее 0,001 мг/кг для кадмия. Исходя из этого, актуальным является внедрение нового оборудования с пределом обнаружения, включающим приведенные значения [1–21].

Для анализа данных мониторинга результатов исследования проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание мышьяка, свинца и кадмия подробно в виде таблицы представлены результаты исследований проб такой группы продуктов, как «Алкогольные напитки и пиво».

Мониторинг результатов анализа проб группы продуктов «Алкогольные напитки и пиво» на содержание мышьяка, свинца и кадмия за последние 5 лет

Исследование проб на содержание мышьяка						
Год	Итого	Диапазон концентраций, мг/кг				
		менее 0,02	0,02–0,05	0,05–0,10	0,1–1,0	
2014	143	87	38	17	1	
2013	121	82	14	21	4	
2012	92	51	27	12	2	
2011	154	115	18	18	3	
2010	301	192	79	24	6	
<b>ВСЕГО исследований</b>	811	527	176	92	16	
Исследование проб на содержание свинца						
Год	Итого	Диапазон концентраций, мг/кг				
		менее 0,01	0,01–0,03	0,03–0,05	0,05–0,10	0,1–1,0
2014	143	113	15	7	3	5
2013	121	102	11	5	2	1
2012	92	70	9	9	1	3
2011	154	127	16	5	2	4
2010	301	216	43	12	11	19
<b>ВСЕГО исследований</b>	811	628	94	38	19	32
Исследование проб на содержание кадмия						
Год	Итого	Диапазон концентраций, мг/кг				
		менее 0,001	0,001–0,005	0,005–0,010	0,01–0,05	
2014	143	112	26	3	2	
2013	121	97	17	4	3	
2012	92	72	13	3	4	
2011	154	128	22	2	2	
2010	301	212	63	19	7	
<b>ВСЕГО исследований</b>	811	621	141	31	18	

По данным таблицы видно, что при исследовании проб алкогольных напитков и пива на содержание мышьяка наибольшее число результатов исследований приходится на диапазон концентраций менее 0,02 мг/кг, что составляет 65,0% от общего числа исследований. На втором месте преобладают результаты диапазона 0,02–0,05 мг/кг, что составляет 21,7% от общего числа исследований. На диапазон 0,05–0,10 мг/кг приходится 11,3% от общего числа исследований, а на диапазон концентраций 0,1–1,0 мг/кг приходится 2,0% от общего числа исследований.

При исследовании проб алкогольных напитков и пива на содержание свинца наибольшее число результатов исследований приходится на диапазон концентраций менее 0,01 мг/кг, что составляет 77,4% от общего числа исследований. На втором месте преобладают результаты диапазона 0,01–0,03 мг/кг, что составляет 11,6% от общего числа исследований. На диапазон 0,03–0,05 мг/кг приходится 4,7% от общего числа исследований, на диапазон концентраций 0,1–1,0 мг/кг приходится 3,9% от общего числа исследований, а на диапазон концентраций 0,05–0,1 мг/кг приходится 2,4% от общего числа исследований.

При исследовании проб алкогольных напитков и пива на содержание кадмия наибольшее число результатов исследований приходится на диапазон концентраций менее 0,001 мг/кг, что составляет 76,6% от общего числа исследований. На втором месте преобладают результаты диапазона 0,001–0,005 мг/кг, что составляет 17,4% от общего числа исследований. На диапазон 0,005–0,010 мг/кг приходится 3,8% от общего числа исследований, а на диапазон концентраций 0,01–0,05 мг/кг приходится 2,2% от общего числа исследований.

Содержание мышьяка, свинца и кадмия во всех исследуемых образцах такой группы продуктов, как «Алкогольные напитки и пиво», не превышает предельно допустимых концентраций, что свидетельствует о низком уровне поступления этих элементов в организм человека с данными продуктами.

В работах большое место занимают исследования, проведенные в области инверсионной вольтамперометрии, которая всегда рассматривалась как один из способов повышения чувствительности определений [1–12]. Применение инверсионной вольтамперометрии при мониторинге окружающей среды

позволяет обеспечить экспрессный аналитический контроль содержания токсичных элементов в лабораториях, что в свою очередь позволяет решить проблему предупреждения влияния некачественной и потенциально опасной продукции на здоровье населения Челябинской области.

#### Список литературы

1. Белокаменская А.М. Сравнительная оценка методов исследований содержания токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах / А.М. Белокаменская, О.В. Зинина, Л.С. Прохасько, Я.М. Ребезов // Экономика и бизнес. Взгляд молодых – Челябинск, 2012. – С. 236–238.
2. Белокаменская А.М. Применение физико-химических методов исследований в лабораториях Челябинской области / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов, А.Н. Мазаев, Я.М. Ребезов, О.В. Зинина // Молодой ученый. – 2013. – № 4. – С. 48–53.
3. Белокаменская А.М. Методы контроля содержания мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов, О.В. Зинина, Я.М. Ребезов // Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны – СПб.: СПбГАВМ, 2013. – С. 20–22.
4. Белокаменская А.М. Мониторинг результатов анализа проб пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание свинца, кадмия и мышьяка / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов, А.А. Соловьева, А.С. Доронина // Ғылым. Білім. Жастар, Алматы технологиялық университетінің 55-жылдығына арналған республикалық жас ғалымдар конференциясы – Алматы: АТУ, 2012. – Б. 158–160.
5. Белокаменская А.М. Подбор современного оборудования для определения токсичных элементов с целью обеспечения качества испытаний / А.М. Белокаменская, М.Б. Ребезов, Э.К. Мухамеджанова // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства. – 2013. – № 1. – С. 292–296.
6. Боган В.И. Совершенствование методов контроля качества продовольственного сырья и пищевой продукции / М.Б. Ребезов, А.П. Гайсина, Н.Н. Максимюк, Б.К. Асенова // Молодой ученый. – 2013. – № 10. – С. 101–105.
7. Ребезов М.Б. Обеспечение качества испытаний / М.Б. Ребезов, С.И. Лукьянов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2006. – № 4. – С. 115–117.
8. Ребезов М.Б. Оценка методов инверсионной вольтамперометрии, атомно-абсорбционного и фотометрического анализа токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская, Н.Н. Максимюк, Н.Л. Наумова, О.В. Зинина. – Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2012. – 94 с.
9. Ребезов М.Б. Контроль качества результатов исследований продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание свинца / М.Б. Ребезов, А.М. Белокаменская, О.В. Зинина, Н.Л. Наумова, Н.Н. Максимюк, А.А. Соловьева, А.А. Солнцева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2012. – Т. 2. – № 1. – С. 157–162.
10. Ребезов М.Б. Контроль качества результата анализа при реализации методик фотозлектрической фотометрии и инверсионной вольтамперометрии в исследовании проб пищевых продуктов на содержание мышьяка / М.Б. Ребезов, И.В. Зыкова, А.М. Белокаменская, Я.М. Ребезов // Вестник Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого. – 2013. – Т. 2. – № 71. – С. 43–48.
11. Чупракова А.М. Обеспечение экологической безопасности в Челябинской области / А.М. Чупракова, М.Б. Ребезов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2014. – С. 1090–1094.
12. Wysocka I., de la Calle Guntiñas M.B., Quérel C., Vassileva E., Robouch P., Emteborg H., Taylor P. Proficiency test for heavy metals in feed and food in Europe TrAC – Trends in Analytical Chemistry. – 2009. – Т. 28. – № 4. – P. 454–465.
13. Hu Zh., Liu L. Quality assurance for the analytical data of micro elements in food. Accreditation and Quality Assurance: Journal for Quality, Comparability and Reliability in Chemical Measurement. – 2002. – Т. 7. – № 3. – P. 106–110.
14. Hoorfar J. Rapid detection, characterization, and enumeration of foodborne pathogens // APMIS. – 2011. – Т. 119. – № 113. – P. 1–24.
15. Kinney W.R.Jr. Research opportunities in internal control quality and quality assurance. Auditing. – 2000. – Т. 19. – P. 83.

#### References

1. Belokamenskaya A.M., Zinina O.V., Proxasko L.S., Rebezov Ya.M. Sravnitel'naya ocenka metodov issledovaniy soderzhaniya toksichnykh elementov v prodovol'stvennom syre i pishhevyykh produktax. Ekonomika i biznes. Vzglyad molodykh Chelyabinsk, 2012. pp. 236–238.
2. Belokamenskaya A.M., Rebezov M.B., Mazaev A.N., Rebezov Ya.M., Zinina O.V. Primeneniye fiziko-khimicheskikh metodov issledovaniy v laboratoriyax Chelyabinskoy oblasti. Molodoy uchenyj. 2013. no. 4. pp. 48–53.
3. Belokamenskaya A.M., Rebezov M.B., Zinina O.V., Rebezov Ya.M. Metody kontrolya soderzhaniya myshyaka v prodovol'stvennom syre i pishhevyykh produktax. Zna-niya molodykh dlya razvitiya veterinarnoy mediciny i APK strany Spb: SPB-GAVM, 2013. pp. 20–22.
4. Belokamenskaya A.M., Rebezov M.B., Soloveva A.A., Doronina A.S. Monitoring rezultatov analiza prob pishhevyykh produktov i prodovol'stvennogo syrya na soderzhanie svinca, kadmia i myshyaka. Fylym. Bilim. Zhastar. Almaty: Tekhnologiyalyk universitetiniñ 55-zhyldyryna arnalfran respub-likalyk zhas ralymdar kon-ferenciasy. Almaty: ATU, 2012. pp. 158–160.
5. Belokamenskaya A.M., Rebezov M.B., Muxamedzhanova E.K. Podbor sovremennogo oborudovaniya dlya opredeleniya toksichnykh elementov s celyu obespecheniya kachestva ispytaniy. Torgovo-ekonomicheskije problemy regionalnogo biznes-prostranstva. 2013. no. 1. pp. 292–296.
6. Bogan V.I., Rebezov M.B., Gajsina A.R., Maksimyuk N.N., Asenova B.K. Sovershenstvovanie metodov kontrolya kachestva prodovol'stvennogo syrya i pishhevoj produkcii. Molodoy uchenyj. 2013. no. 10. pp. 101–105.
7. Rebezov M.B., Lukyanov S.I. Obespecheniye kachestva ispytaniy. Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova. no. 4. Magnitogorsk, 2006. pp. 115–117.
8. Rebezov M.B., Belokamenskaya A.M., Maksimyuk N.N., Naumova N.L., Zinina O.V. Ocenka metodov inverzionnoy voltamerometrii, atomno-absorbicnogo i fotometricheskogo analiza toksichnykh elementov v prodovol'stvennom syre i pishhevyykh produktax. Chelyabinsk: IC YuUrGU, 2012. 94 p.
9. Rebezov M.B., Belokamenskaya A.M., Zinina O.V., Naumova N.L., Maksimyuk N.N., Soloveva A.A., Solnceva A.A. Kontrol kachestva rezultatov issledovaniy prodovol'stvennogo syrya i pishhevyykh produktov na soderzhanie svinca. Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya. 2012. T. 2. no. 1. pp. 157–162.
10. Rebezov M.B. Kontrol kachestva rezultata analiza pri realizacii metodik fotoelek-tricheskoy fotometrii i inverzionnoy voltamerometrii v issledovanii prob pishhevyykh produktov na soderzhanie myshyaka / M.B. Rebezov, I.V. Zykova, A.M. Belokamenskaya, Ya.M. Rebezov // Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Yaroslava Mudrogo. 2013. T. 2. no. 71. pp. 43–48.
11. Chuprakova A.M., Rebezov M.B. Obespecheniye ekologicheskoy bezopasnosti v Chelyabinskoy oblasti. Universitetskij kompleks kak regionalnyj centr obra-zovaniya, nauki i kultury. Materialy Vserossiyskoj nauchno-metodicheskoy konferencii. Orenburg: Orenburgskij gosudarstvennyj universitet, 2014. pp. 1090–1094.
12. Wysocka I., de la Calle Guntiñas M.B., Quérel C., Vassileva E., Robouch P., Emteborg H., Tay-lor P. Proficiency test for heavy metals in feed and food in Europe TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2009. T. 28. no. 4. pp. 454–465.
13. Hu Zh., Liu L. Quality assurance for the analytical data of micro elements in food. Accreditation and Quality Assurance: Journal for Quality, Comparability and Reliability in Chemical Measurement. 2002. T. 7. no. 3. pp. 106–110.
14. Hoorfar J. Rapid detection, characterization, and enumeration of foodborne pathogens. APMIS. 2011. T. 119. no. 113. pp. 1–24.
15. Kinney W.R.Jr. Research opportunities in internal control quality and quality assurance. Auditing. 2000. T. 19. pp. 83.

#### Рецензенты:

Богатова О.В., д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой «Биотехнология животного сырья и аквакультуры», факультет прикладной биотехнологии и инженерии, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург;

Шкаева Н.А., д.б.н., профессор, Институт экономики, торговли и технологии, г. Челябинск.

УДК 616.151.5-055.2-06:616-056.3

## СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА И МАРКЁРЫ ДИСФУНКЦИИ ЭНДОТЕЛИЯ У ЖЕНЩИН С АБДОМИНАЛЬНЫМ ОЖИРЕНИЕМ

Сумеркина В.А.

ГБУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Челябинск, e-mail: veronika.sumerkina@mail.ru

В статье представлены результаты исследования системы гемостаза и маркеров дисфункции эндотелия у женщин 20–44 лет с абдоминальным ожирением. В исследование было включено 89 женщин. Женщины были разделены на 5 групп: 1 группа – женщины с изолированным АО ( $n = 13$ ), 2 группа – женщины с сочетанием АО и артериальной гипертензии (АГ) ( $n = 10$ ), 3 группа – женщины с сочетанием АО и одним из нарушений липидного обмена, соответствующих критерию метаболического синдрома ( $n = 10$ ), 4 группа – женщины с метаболическим синдромом (МС) ( $n = 18$ ), 5 группа – практически здоровые женщины (контрольная группа) ( $n = 38$ ). У женщин молодого возраста с изолированным АО выявлено снижение концентрации ингибитора внешнего пути свертывания. У пациенток с АО в сочетании с дислипидемией отмечено статистически значимое снижение активности фибринолитической системы, а при сочетании АО с АГ – протромботические сдвиги в коагуляционном, антикоагулянтном и фибринолитическом звеньях системы гемостаза. У пациенток с АО и АГ была установлена сильная корреляционная связь между уровнем ангиотензина II и концентрациями TFPI ( $r = 0,68$ ) и PAI-1 ( $r = 0,83$ ).

**Ключевые слова:** абдоминальное ожирение, артериальная гипертензия, метаболический синдром, гемостаз, дисфункция эндотелия

## THE HEMOSTATIC SYSTEM AND MARKERS OF ENDOTHELIAL DYSFUNCTION IN WOMEN WITH ABDOMINAL OBESITY

Sumerkina V.A.

State Institution of Higher Professional Education «South Ural State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Chelyabinsk, e-mail: veronika.sumerkina@mail.ru

The article presents the results of a study of the hemostatic system and markers of endothelial dysfunction in women 20–44 years old with abdominal obesity. The study included 89 women. The women were divided into 5 groups: Group 1 – women with isolated AO ( $n = 13$ ), Group 2 – women with a combination of AO and hypertension ( $n = 10$ ), Group 3 – women with a combination of AO and one of the lipid disorders meet the criteria of the metabolic syndrome ( $n = 10$ ) Group 4 – women with metabolic syndrome (MS) ( $n = 18$ ) Group 5 – healthy women (control group) ( $n = 38$ ). The presence isolated AO in young women leads to decreasing of concentration of tissue factor pathway inhibitor. The association of AO and dyslipoproteinemia causes a change in the activity of the fibrinolytic system, and combination of AO with hypertension is accompanied by prothrombotic changes in coagulation, anticoagulant and fibrinolytic hemostasis. In patients with AO and hypertension has established a strong correlation between the concentration of angiotensin II and levels of TFPI ( $r = 0,68$ ) and PAI-1 ( $r = 0,83$ ).

**Keywords:** abdominal obesity, hypertension, metabolic syndrome, hemostasis, endothelial dysfunction

В последние годы в популяциях большинства индустриально развитых стран сохраняется рост заболеваемости сердечно-сосудистой патологией, особенно у лиц молодого возраста. В этой связи особую актуальность приобретают своевременное выявление групп риска, профилактика и ранняя диагностика болезней сердца и сосудов у молодых пациентов [3]. Избыточная масса тела и ожирение ассоциированы с повышенным риском развития онкопатологии, воспалительных заболеваний различного генеза и традиционно относятся к факторам риска хронических неинфекционных заболеваний – патологий эндокринной, сердечно-сосудистой, репродуктивной и других систем [4, 9]. В практической медицине внимание клиницистов в основном обращено на пациентов с уже

имеющимся избытком массы тела или ожирением, в то время как лиц с абдоминальным ожирением (АО) обычно считают практически здоровыми и не включают в программы профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Однако известно, что по клеточному составу и особенностям функционирования подкожная и висцеральная жировая ткань неодинаковы [7]. По мнению большинства исследователей, наличие именно абдоминального ожирения является фактором риска развития сердечно-сосудистой патологии, что связано с продукцией висцеральной жировой тканью адипокинов, оказывающих влияние на функционирование системы гемостаза, клеток эндотелия, регуляцию сосудистого тонуса, взаимодействие клеток иммунной системы, метаболические процессы [5, 10].

**Цель работы** – изучить состояние системы гемостаза и оценить лабораторные маркёры дисфункции эндотелия у женщин с абдоминальным ожирением.

### Материалы и методы исследования

Исследование было включено 89 женщин в возрасте от 20 до 44 лет, обратившихся к кардиологу или терапевту в поликлинику МБУЗ «Городская клиническая больница № 11» г. Челябинска за период 2013–2015 гг. Критерии включения: наличие абдоминального ожирения (окружность талии более 80 см), согласие на участие в исследовании. Критерии исключения: беременность, лактация; синдром поликистозных яичников; сахарный диабет; венозный тромбоз на момент обследования или в анамнезе; онкологические заболевания на момент обследования либо в анамнезе; туберкулёз; ВИЧ-инфекция; психические заболевания; острые и хронические воспалительные заболевания в период обострения; приём гормональных и антитромботических препаратов.

Женщины были разделены на 5 групп: 1 группа – женщины с изолированным АО ( $n = 13$ ), 2 группа – женщины с сочетанием АО и артериальной гипертензии (АГ) ( $n = 10$ ), 3 группа – женщины с сочетанием АО и одним из нарушений липидного обмена, соответствующих критерию метаболического синдрома (концентрация холестерина липопротеидов низкой плотности  $> 3,0$  ммоль/л; концентрация холестерина липопротеидов высокой плотности  $< 1,2$  ммоль/л; концентрация триглицеридов  $> 1,7$  ммоль/л) ( $n = 10$ ), 4 группа – женщины с метаболическим синдромом (МС) ( $n = 18$ ), 5 группа – практически здоровые женщины (контрольная группа) ( $n = 38$ ). Группы были сопоставимы по возрасту.

Абдоминальное ожирение и метаболический синдром были диагностированы согласно Национальным рекомендациям Российского кардиологического общества [2] и Российского медицинского общества по артериальной гипертензии [1]. Биохимические показатели (концентрацию общего холестерина, холестерина липопротеидов высокой плотности (Хс-ЛПВП), триглицеридов) определяли с помощью наборов реагентов «Ольвекс Диагностикум», Россия. Концентрацию холестерина липопротеидов низкой плотности (Хс-ЛПНП) рассчитывали по формуле Фридвальда. Лабораторное исследование системы гемостаза включало в себя определение активированного парциального тромбопластинного времени (АПТВ), международного нормализованного отношения (МНО), тромбинового времени (ТВ), концентрации фибриногена, активности антитромбина III, хагеман-зависимого фибринолиза (ХЗФ), эуглобулинзависимого фибринолиза (ЭЗФ), концентрации растворимых фибрин-мономерных комплексов (РФМК), активности плазминогена (наборы реагентов «Технология Стандарт», Россия), концентрации Д-димера (набор реагентов «Technoclonе», Австрия), концентрации ингибитора пути тканевого фактора (TFPI) (набор реагентов «AssayPro», США), ингибитора активатора плазминогена I типа (PAI-1) (набор реагентов Bender MedSystems, Австрия). Определяли концентрацию ангиотензина II (набор реагентов RayBiotech, США) и гомоцистеина (набор реагентов Axis-Shield, Норвегия).

Статистическую обработку результатов выполняли с помощью пакета прикладных программ Statistica 7,0 (StatSoftInc., 2006, США). Для опреде-

ления различия сравниваемых независимых выборок использовали непараметрические критерии Колмогорова – Смирнова, Вилкоксона, Манна – Уитни. При проведении корреляционного анализа использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Результаты представлены в виде медианы и интерквартильного размаха  $Me (Q_{25\%}-Q_{75\%})$ . Статистически достоверными считали значения  $p < 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

Показатели липидного обмена и антропометрические данные представлены в табл. 1.

У женщин с изолированным абдоминальным ожирением было выявлено достоверное повышение концентрации Хс-ЛПНП по сравнению с практически здоровыми пациентками, однако данный показатель не выходил за границы референсного интервала. При сочетании АО и АГ уровень триглицеридов был выше, чем у пациенток с изолированным АО, а в сравнении с практически здоровыми женщинами установлен более высокий уровень общего холестерина, Хс-ЛПНП и триглицеридов.

Анализ показателей системы гемостаза и маркёров эндотелиальной дисфункции (табл. 2) позволил нам установить статистически значимое снижение уровня TFPI у пациенток с изолированным АО в сравнении с группой контроля, что свидетельствует об угнетении антикоагулянтного потенциала сосудистого эндотелия.

Сочетание АО с АГ у женщин сопровождалось активацией плазменного звена системы гемостаза – укорочением АПТВ, повышением концентрации фибриногена, а также изменением активности фибринолитической системы – замедлением ХЗФ в сочетании с ростом концентрации Д-димера и PAI-1 (по сравнению с контрольной группой). Многие авторы приоритетную роль в патологии системы гемостаза у пациентов с метаболическим синдромом отводят изменениям системы фибринолиза [6, 8]. В этой же группе по сравнению с пациентками с изолированным АО было установлено укорочение АПТВ на фоне роста концентрации TFPI и PAI-1. Также в группе 2 было определено статистически значимое повышение концентрации ангиотензина II по сравнению с практически здоровыми женщинами. Была определена сильная корреляционная связь между уровнем ангиотензина II и концентрациями TFPI ( $r = 0,68$ ) и PAI-1 ( $r = 0,83$ ). Увеличение концентрации вышеуказанных биологически активных веществ, с одной стороны, является свидетельством дисфункции клеток эндотелия, а с другой – может быть вызвано повышением функциональной активности адипоцитов при АО.

**Таблица 1**  
 Антропометрические данные и показатели липидного обмена, Me ( $Q_{25\%}$ – $Q_{75\%}$ )

Показатель	Группа 1 (АО) (n = 13)	Группа 2 (АО + АГ) (n = 10)	Группа 3 (АО + ДЛП) (n = 10)	Группа 4 (МС) (n = 18)	Группа 5 (контроль) (n = 38)
Окружность талии, см	85 (82–88) $P_{1-5} < 0,001$ $P_{1-2} < 0,025$ $P_{1-4} < 0,005$	95 (88–101) $P_{2-5} < 0,001$ $P_{2-3} < 0,05$	85 (82–90) $P_{3-5} < 0,001$ $P_{3-4} < 0,025$	100 (96–120) $P_{4-5} < 0,001$	70 (65–76)
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	24,3 (22,9–25,6) $P_{1-5} < 0,005$ $P_{1-2} < 0,001$ $P_{1-3} < 0,025$ $P_{1-4} < 0,001$	32,5 (29,4–35,3) $P_{2-5} < 0,001$ $P_{2-3} < 0,025$	27,8 (25,2–29,6) $P_{3-5} < 0,001$ $P_{3-4} < 0,001$	33,5 (31,1–39,0) $P_{4-5} < 0,001$	20,6 (19,2–21,5)
Холестерин, ммоль/л	4,8 (4,6–5,6) $P_{1-4} < 0,025$	5,3 (4,9–5,4) $P_{2-5} < 0,05$ $P_{2-4} < 0,05$	5,9 (5,5–6,5)	5,9 (5,4–6,1) $P_{4-5} < 0,001$	4,5 (4,2–4,8)
Хс-ЛПВП, ммоль/л	2,2 (1,9–2,5) $P_{1-3} < 0,01$ $P_{1-4} < 0,001$	2,5 (1,8–2,6) $P_{2-3} < 0,025$ $P_{2-4} < 0,001$	1,7 (1,4–1,7)	1,4 (1,0–1,6) $P_{4-5} < 0,001$	2,3 (2,0–2,6)
Хс-ЛПНП, ммоль/л	2,4 (2,2–2,7) $P_{1-5} < 0,05$ $P_{1-3} < 0,01$ $P_{1-4} < 0,005$	2,4 (2,2–2,8) $P_{2-5} < 0,05$ $P_{2-3} < 0,005$ $P_{2-4} < 0,005$	3,8 (3,4–4,7)	3,8 (3,0–4,0) $P_{4-5} < 0,001$	2,0 (1,7–2,3)
Триглицериды, ммоль/л	0,7 (0,6–0,9) $P_{1-2} < 0,05$ $P_{1-4} < 0,001$	1,1 (0,8–1,3) $P_{2-5} < 0,025$ $P_{2-3} < 0,05$ $P_{2-4} < 0,005$	0,8 (0,7–0,9) $P_{3-4} < 0,001$	1,9 (1,6–2,5) $P_{4-5} < 0,001$	0,8 (0,6–1,0)

**Таблица 2**  
 Показатели системы гемостаза и маркёры дисфункции эндотелия, Me ( $Q_{25\%}$ – $Q_{75\%}$ )

Показатель	Группа 1 (АО) (n = 13)	Группа 2 (АО + АГ) (n = 10)	Группа 3 (АО + ДЛП) (n = 10)	Группа 4 (МС) (n = 18)	Группа 5 (контроль) (n = 38)
АПТВ, с	36,5 (35,6–38,1) $P_{1-2} < 0,01$ $P_{1-4} < 0,025$	32,1 (30,7–36,1) $P_{2-5} < 0,05$	37,8 (33,4–39,8)	33,9 (31,9–37,1) $P_{4-5} < 0,05$	36,9 (34,2–40,5)
МНО	1,0 (1,0–1,0)	1,0 (1,0–1,1)	1,0 (1,0–1,1)	1,1 (1,0–1,1)	1,1 (1,0–1,1)
ТВ, с	16,3 (15,9–16,7)	17,2 (16,4–17,6)	16,2 (15,2–17,1)	16,7 (16,0–17,2)	16,7 (15,8–17,5)
Фибриноген, г/л	4,0 (3,5–4,7)	4,3 (3,9–5,3) $P_{2-5} < 0,025$	3,6 (3,4–5,0)	4,5 (3,8–4,8) $P_{4-5} < 0,01$	3,7 (3,0–4,0)
Активность плазминогена, %	101,1 (90,9–134,5)	101,6 (91,0–155,8)	123,8 (113,6–133,9)	110,4 (92,7–124,3)	116,9 (102,9–131,4)
ХЗФ, мин	9 (9–10)	11 (10–12) $P_{2-5} < 0,05$	10 (8–11)	10 (8–12)	8 (8–10)
ЭЗФ, мин	200 (180–250) $P_{1-3} < 0,025$ $P_{1-4} < 0,05$	255 (180–330)	295 (240–330) $P_{3-5} < 0,05$	295 (180–330) $P_{4-5} < 0,05$	200 (180–280)
РФМК, мг/%	3,0 (3,0–6,0)	3,0 (3,0–7,5)	3,0 (3,0–7,0)	6,3 (3,0–7,5) $P_{4-5} < 0,01$	3,0 (3,0–3,0)
Д-димер, нг/мл	79,6 (35,2–120,6)	121,0 (59,6–194,5) $P_{2-5} < 0,025$	68,8 (38,0–105,0)	134,5 (34,5–336,6) $P_{4-5} < 0,025$	57,0 (37,6–84,4)
РА1-1, нг/мл	296,8 (189,9–434,9) $P_{1-2} < 0,025$	454,3 (409,0–648,1) $P_{2-5} < 0,005$	428,6 (222,1–439,2)	524,8 (320,2–640,3) $P_{4-5} < 0,025$	255,0 (186,6–388,4)
Активность анти-тромбина III, %	111,3 (102,4–114,6)	98,2 (86,5–111,4)	106,2 (100,6–114,8)	102,7 (91,3–110,8)	103,2 (93,3–111,1)
TFPI, нг/мл	48,4 (34,9–82,5) $P_{1-5} < 0,05$ $P_{1-2} < 0,025$ $P_{1-4} < 0,005$	125,2 (102,6–145,2)	78,8 (43,9–134,2)	136,2 (99,5–151,3)	94,4 (43,3–151,2)
Гомоцистеин, мкмоль/л	9,7 (7,8–13,0) $P_{1-4} < 0,025$	14,7 (7,6–16,4)	11,5 (9,3–14,5)	13,7 (12,4–18,1)	11,3 (8,7–14,1)
Ангиотензин II, нг/мл	5,9 (4,9–9,4)	12,3 (9,2–89,2) $P_{2-5} < 0,025$	8,5 (3,8–16,7)	9,8 (0,8–51,8)	7,8 (4,3–9,4)

В группе женщин с сочетанием АО и ДЛП нами было определено снижение активности фибринолитической системы (удлинение времени ЭЗФ) в сравнении с практически здоровыми женщинами.

Сочетание АО с нарушениями липидного, углеводного обмена и артериальной гипертензией принято объединять в МС. В нашем исследовании у пациенток с метаболическим синдромом АО сочеталось с АГ и ДЛП в 78% случаев, в 22% АО сочеталось только с ДЛП. При анализе лабораторных показателей системы гемостаза было установлено значимое укорочение АПТВ, повышение концентрации фибриногена, замедление времени лизиса эритроцитарных сгустков, повышение содержания РФМК, PAI-1 и Д-димера у пациенток с МС по сравнению с группой практически здоровых женщин.

Авторами не было определено значимых различий исследуемых показателей у женщин групп 2 и 3 по сравнению с пациентками с МС. Однако в сравнении с женщинами с изолированным АО при МС были выявлены изменения системы гемостаза в виде укорочения АПТВ и замедления ЭЗФ в сочетании с повышением содержания ТФРП и гомоцистеина.

#### Заключение

Таким образом, наличие у женщин молодого возраста изолированного АО приводит к снижению ингибитора внешнего пути свертывания. У пациенток с АО в сочетании с дислипидемией отмечено статистически значимое замедление системы фибринолиза в виде удлинения времени лизиса эритроцитарных сгустков. Наличие АО в сочетании с АГ у женщин молодого возраста сопровождается наиболее выраженными протромботическими сдвигами в коагуляционном, антикоагуляционном и фибринолитическом звеньях системы гемостаза.

#### Список литературы

1. Диагностика и лечение артериальной гипертензии. Российские рекомендации (четвертый пересмотр) // Кардиоваск. тер. проф. – 2010. – № 6 (приложение 2). – С. 3–32.
2. Рекомендации по ведению больных с метаболическим синдромом. Клинические рекомендации. – М., 2013. – URL: [http://www.gipertoni.ru/clinical\\_recommendations](http://www.gipertoni.ru/clinical_recommendations) (дата обращения: 12.06.2015).
3. Шапошник И.И., Синицын С.П., Бубнова В.С., Чулков В.С. Артериальная гипертензия в молодом возрасте. – М.: Медпрактика-М, 2011. – 140 с.
4. Bai Q., Lai X., Zhang A.-H., Lu X.-H., Tian S.-L., Fan M.-H., Wang Y., Wang T. Metabolic syndrome and its components associated with endothelial dysfunction in chronic kidney disease patients / Q. Bai, X. Lai, A.-H. Zhang, S.-L. Tian, M.-H. Fan, T. Wang // *Vasc. Health Risk Manag.* – 2012. – Vol. 8. – P. 15–21.
5. de la Fuente M., de Castro N.M. Obesity as a model of premature immunosenescence / M. de la Fuente, N.M. de Castro // *Curr. Immunol. Rev.* – 2012. – Vol. 8, № 1. – P. 63–75.
6. Van Guilder G.P., Hoetzer G.L., Greiner J.J., Stauffer B.L., DeSouza C.A. Metabolic syndrome and endothelial fibrinolytic capacity in obese adults / G.P. Van Guilder, G.L. Hoetzer, J.J. Greiner, B.L. Stauffer, C.A. DeSouza // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2008. – Vol. 294, № 1. – P. 39–44.
7. Lafontan M. Historical perspectives in fat cell biology: the fat cell as a model for the investigation of hormonal and metabolic pathways / M. Lafontan // *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* – 2012. – Vol. 302, № 2. – P. 327–359.
8. Palomo I., Alarcon M., Moore-Carrasco R., Argiles J.M. Hemostasis alterations in metabolic syndrome (Review) / I. Palomo, M. Alarcon, R. Moore-Carrasco, J.M. Argiles // *Int. J. Mol. Medicine.* – 2006. – Vol. 18. – P. 969–974.
9. Wei Y., Liu G., Yang J., Zheng R., Jiang L., Bao P. The association between metabolic syndrome and vascular endothelial dysfunction in adolescents / Y. Wei, G. Liu, J. Yang, R. Zheng, L. Jiang, P. Bao // *Exp. Ther. Med.* – 2013. – Vol. 5. – P. 1663–1666.
10. Xu A., Wang Y., Xu J.Y., Stejskal D., Tam S., Zhang J., Wat N.M.S., Wong W.K., Lam K.S.L. Adipocyte fatty acid-binding protein is a plasma biomarker closely associated with obesity and metabolic syndrome / A. Xu, Y. Wang, J.Y. Xu, D. Stejskal, S. Tam, J. Zhang, N.M.S. Wat, W.K. Wong, K.S.L. Lam // *Clin. Chem.* – 2006. – Vol. 52, № 3. – P. 405–413.

#### References

1. Diagnostika i lechenie arterialnoj gipertenzii. Rossijskie rekomendacii (chetvertyj peresmotr) Kardiovaskuljarnaja terapija i profilaktika Cardiovascular therapy and prevention, 2010, no. 6 (suppl. 2). pp. 3–32.
2. Rekomendacii po vedeniju bolnyh s metabolicheskim sindromom. Klinicheskie rekomendacii, available at: [www.gipertoni.ru/clinical\\_recommendations](http://www.gipertoni.ru/clinical_recommendations).
3. Shaposhnik I.I., Sinicyn S.P., Bubnova V.S., Chulkov V.S. Arterialnaja gipertenzija v molodom vozraste [Arterial hypertension at a young age]. Moscow, Medpraktika-M, 2011. 140 p.
4. Bai Q., Lai X., Zhang A.-H., Lu X.-H., Tian S.-L., Fan M.-H., Wang Y., Wang T. Metabolic syndrome and its components associated with endothelial dysfunction in chronic kidney disease patients / Q. Bai, X. Lai, A.-H. Zhang, S.-L. Tian, M.-H. Fan, T. Wang // *Vasc. Health Risk Manag.* 2012. Vol. 8. pp. 15–21.
5. de la Fuente M., de Castro N.M. Obesity as a model of premature immunosenescence / M. de la Fuente, N.M. de Castro // *Curr. Immunol. Rev.* 2012. Vol. 8, no. 1. pp. 63–75.
6. Van Guilder G.P., Hoetzer G.L., Greiner J.J., Stauffer B.L., DeSouza C.A. Metabolic syndrome and endothelial fibrinolytic capacity in obese adults / G.P. Van Guilder, G.L. Hoetzer, J.J. Greiner, B.L. Stauffer, C.A. DeSouza // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2008. Vol. 294, no. 1. pp. 39–44.
7. Lafontan M. Historical perspectives in fat cell biology: the fat cell as a model for the investigation of hormonal and metabolic pathways / M. Lafontan // *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* 2012. Vol. 302, no. 2. pp. 327–359.
8. Palomo I., Alarcon M., Moore-Carrasco R., Argiles J.M. Hemostasis alterations in metabolic syndrome (Review) / I. Palomo, M. Alarcon, R. Moore-Carrasco, J.M. Argiles // *Int. J. Mol. Medicine.* 2006. Vol. 18. pp. 969–974.
9. Wei Y., Liu G., Yang J., Zheng R., Jiang L., Bao P. The association between metabolic syndrome and vascular endothelial dysfunction in adolescents / Y. Wei, G. Liu, J. Yang, R. Zheng, L. Jiang, P. Bao // *Exp. Ther. Med.* 2013. Vol. 5. pp. 1663–1666.
10. Xu A., Wang Y., Xu J.Y., Stejskal D., Tam S., Zhang J., Wat N.M.S., Wong W.K., Lam K.S.L. Adipocyte fatty acid-binding protein is a plasma biomarker closely associated with obesity and metabolic syndrome / A. Xu, Y. Wang, J.Y. Xu, D. Stejskal, S. Tam, J. Zhang, N.M.S. Wat, W.K. Wong, K.S.L. Lam // *Clin. Chem.* 2006. Vol. 52, no. 3. pp. 405–413.

#### Рецензенты:

Абрамовских О.С., д.м.н., профессор кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии и клинической лабораторной диагностики, ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск;

Синицкий А.И., д.м.н., доцент кафедры химии фармацевтического факультета, ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск.

УДК 577.17.048

## ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ЭДИЛЬБАЕВСКИХ ОВЦЕМАТОК И ЯГНЯТ В БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Хисметов И.И., Воробьев Д.В.

ГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет»,  
Астрахань, e-mail: veterinaria-2011@mail.ru

Авторы исследовали гематологический статус овцематок и ягнят эдильбаевской породы овец. Выявлено, что в условиях Астраханской области дефицита селена, йода и кобальта в почвах, растениях, кормах, органах и тканях животных на фоне низкого уровня ряда важных гематологических показателей и отрицательных балансов Se и J у эдильбаевских овец и ягнят развивается синдром скрытой формы комбинированного (Se и J) гипомикроэлементоза. Овцы, чей образ жизни и спектр питания наиболее приближены к окружающей среде, чем, например, у человека или свиней, питающихся весьма разнообразной пищей, часто завозимой из других, благополучных по эндемическим заболеваниям человека и животных регионов, имеют реально большую возможность чаще испытывать дефицит микроэлементов в среде и кормах, что приводит к окислительному стрессу. Недостаток Se, J и Co в среде и кормах вызывает у овец изменение уровня свободнорадикального окисления. При этом в организме животных начинают накапливаться продукты перекисного окисления при одновременном снижении уровня активности антиоксидантных ферментов, антиоксидантной защиты. Все это ведет к снижению интегративных функций роста и развития молодых животных, а у овцематок возникает целый ряд патологических синдромов (уменьшается продуктивность и воспроизводительная способность), при этом проявляются и другие негативные явления. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-01292 а.

**Ключевые слова:** микроэлементы, селен, йод, перекисное окисление, антиоксидантная защита

## THE HEMATOLOGIC STATUS OF EDILMESI EWES AND LAMBS IN BIOGEOCHEMICAL CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION

Khismetov I.I., Vorobev D.V.

Astrakhan state university, Astrakhan, e-mail: veterinaria-2011@mail.ru

Authors investigated the hematologic status of ewes and lambs of edilmesi breed of sheep. It is revealed that in the conditions of the Astrakhan region of deficiency of selenium, iodine and cobalt in soils, plants, stems, bodies and tissues of animals against the low level of a number of important hematologic indicators and negative balances of Se and J at the edilmesi of sheep and lambs the syndrome of the hidden form combined (Se and J) a hypomicroelementosis develops. Sheep, whose way of life and a range of food are most approached to environment, than, for example, at the person or the pigs eating very various foods, often delivered from others, safe on edilmesi of sheep diseases of the person and animal regions, have really great opportunity more often to have deficiency of microcells in the environment and stems that leads to an oxidizing stress. The lack of Se, J and Co of the environment and stems causes change of level of free radical oxidation in sheep. Thus in an organism of animals products of peroxide oxidation at simultaneous decrease in level of activity of antioxidant enzymes, antioxidant protection start collecting. All this conducts to decrease in integrative functions of growth and development of young animals, and ewes have a number of pathological syndromes (efficiency and reproductive ability decreases), thus also other negative phenomena are shown. The reported study was partially supported by RFBR, research project № 14-08-01292 а.

**Keywords:** microelements, selenium, iodine, peroxide oxidation, antioxidant protection

В работе впервые показан гематологический статус овцематок и ягнят эдильбаевской породы овец, занимающих более 70% в двухмиллионном поголовье Астраханской области. Параметры свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы у овцематок и ягнят совместно с показателями числа клеток крови, гемоглобина, щелочного резерва, углеводов, Са, Р, Se и J свидетельствуют о наличии скрытой формы комбинированного гипомикроэлементоза у взрослых овец и ягнят в биогеохимических условиях низкого уровня в среде и растительных кормах Астраханской области.

Проводя эксперименты на эдильбаевских овцематках и ягнятах, находящихся в биогеохимических условиях низкого уровня селена, кобальта и йода в основных компонентах агроэкосистем Астраханской области [2, 3, 4], учитывая динамику микроэлементов в органах и тканях маток и ягнят и результаты балансовых опытов, авторы впервые исследовали и гематологические параметры разновозрастных овец эдильбаевской мясо-сальной породы в условиях Нижне-волжского региона. Это было сделано с целью создания первой физиологической характеристики эдильбаевских овец и молодняка, которая может служить репер-

ной базой для последующих физиологических исследований этого вида животных.

### Результаты исследования и их обсуждение

Дефицит микроэлементов (Se, J и Co) в среде, кормах и организме, являющийся постоянно действующим стресс-фактором, приводящим организм в состояние оксидативного стресса, который негативно сказывается на интегративных функциях роста, развития, молокообразования и качества мяса и находит свое отражение в изменениях гематологических параметров разновозрастных эдильбаевских овец (табл. 1).

Большинство гематологических показателей эдильбаевских овцематок и 4-месячных ягнят, в период их отбивки от маток, находились на нижней границе физиологической нормы.

Следует отметить, что количество эритроцитов у эдильбаевских овец относительно невысокое, а число клеток белой клетки, напротив, находилось на верхнем уровне физиологической нормы. Достаточно высоким было содержание сахара к крови взрослых овец, у молодняка его уровень несколько (22%) ниже ( $P < 0,05$ ).

Сопоставляя показатели лейкоцитарной формулы овцематок и ягнят в 4-месячном возрасте, следует отметить, что количество эозинофилов и лимфоцитов у ягнят выше, чем у взрослых овец, а число сегментоядерных нейтрофилов и моноцитов – меньше, что согласуется с данными литературы [1, 7, 10].

ство селена и йода в крови было значительно ниже нормы, что свидетельствует о наличии скрытой формы комбинированного гипомикроэлементоза у изучаемых животных. Это хорошо согласуется и с весьма низким уровнем в растениях, растительных кормах и органах и тканях овец не только селена, но и йода и кобальта [2, 3, 4]. Это тем более вероятно, что баланс селена и йода в организме овец нарушен и был отрицательным в период проведения балансовых экспериментов. Животные за период опыта теряли из организма жизненно важные микроэлементы (Se и J), что отрицательно сказывается на процессах метаболизма и функциях продуктивности овец и ягнят.

Рассматривая физиологический статус эдильбаевских овец и ягнят, авторы попытались исследовать физиологический механизм взаимодействия перекисного окисления и антиоксидантной защиты животных в условиях низкого уровня в окружающей среде и кормах селена, йода и кобальта, при отрицательных балансах селена и йода в организме овец и ягнят.

Процессы свободнорадикального окисления наблюдаются в норме у всех видов растений и животных [5, 6, 9]. В настоящее время физиологические механизмы перерастания нормального процесса свободнорадикального окисления липидов, сопровождающего многие жизненно важные функции в организме животных в состоянии, наблюдаемое при оксидативном стрессе, изучены недостаточно.

Таблица 1

Гематологические показатели эдильбаевских овец в геохимических условиях Астраханской области

Лейкоцитарная формула											
РОЭ, мл/г	Эритроциты, млн/мкл · 10 <sup>9</sup> /л	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, тыс./мкл · 10 <sup>9</sup> /л	Гранулоциты		Нейтрофилы				Агранулоциты	
				Базофилы, %	Эозинофи- лы, %	Миелоци- ты, %	Юные, %	Палочко- ядерные, %	Сегменто- ядерные, %	Лимфоци- ты, %	Моноциты, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Овцематки, 4 года, масса 70–73 кг											
	07,22 ± 0,51	93,4 ± 1,7	6,01 ± 0,99	0,2	1,4	0,1	0,0	5,6	28,3	61,8	2,6
Ягнята, возраст 4 мес., масса 38–44 кг											
	6,88 ± 0,74	92,8 ± 0,9	8,02 ± 0,78	0,2	2,2	0,1	0,0	5,4	24,3	65,6	2,0

Рассматривая полученные нами показатели крови (табл. 1), путем сравнения их с литературными [7, 8, 10], можно утверждать, что все они ниже, чем их аналоги у других пород, находящихся в отличных от Астраханской области условиях. Количе-

Это объясняется тем, что оксидативный стресс вызывается большим числом прооксидантов, изначально активизирующих процесс свободнорадикального окисления липидов на тканевом, клеточном или субклеточном уровнях [5, 6].

Радикалы в организме животных делят на первичные и вторичные [5, 6, 9]. К числу первичных относят супероксид ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ), нитроксид ( $\text{NO}$ ), убихинон ( $\text{Q}$ ) – переносчик электронов в дыхательной цепи [9]. При взаимодействии первичных радикалов с металлами переменной валентности образуются более агрессивные вторичные радикалы – гидроксил ( $\text{OH}$ ) и липидные радикалы ( $\text{L}$ ,  $\text{LOO}^{\cdot}$ ), которые не только повреждают мембраны клеток, но и вызывают дальнейшие цепные реакции с образованием активных радикалов липидов, витаминов, аминокислот и нуклеиновых кислот. Следствием такой атаки агрессивных радикалов на клетку является значительное нарушение ее физиологии, а затем и повреждение, что наблюдали при гипомикроэлементозах крупного рогатого скота и свиней [2, 3, 4].

Инициация свободнорадикального окисления может быть вызвана различными причинами. Например, при постоянно действующем на организм овец дефиците Se и J в кормах, вызывающем стрессовое состояние у животных и усиление функциональной активности гипофизарно-адреналовой системы [2, 3, 4].

Для развития перекисного процесса в организме необходимо, чтобы окислительно-восстановительный цикл дефицита физиологически важных веществ для организма функционировал достаточно длительно, приводя к нарушению равновесия между прооксидантами и антиоксидантами, в результате чего происходит истощение системы антирадикальной защиты клетки.

Еще одним источником образования активных форм кислорода может быть и сама митохондриальная дыхательная цепь. Даже в нормальных условиях функционирования этой цепи до 2,0% потребленного редуцтазного комплекса может превращаться в супероксидный радикал, количество которого может существенно возрастать при нарушениях в электрон-транспортной цепи.

В инициации свободнорадикального окисления могут участвовать катион-радикалы молибдена, селена, марганца, цинка, меди, кобальта, железо-серные кластеры [9].

Защитная функция в организме сельскохозяйственных животных осуществляется несколькими физиологическими системами, из которых нами исследовалась – антиоксидантная.

Известно, что гомеостаз в клетке поддерживается за счет баланса процессов образования и ингибирования активности радикалов, которое осуществляется антиоксидантами [5, 6, 9].

Механизмы антиоксидантной защиты индуцируют как ферментативные, так и неферментативные процессы. Антиоксиданты участвуют в регуляции перекисного окисления, как компоненты единой системы, которая включает в себя ряд ферментов, низкомолекулярные соединения, физиологически активные вещества белковой и липидной природы, в том числе витамины, Se, Fe, Zn и Cu и, возможно, другие микроэлементы, входящие в состав антиоксидантных ферментов или активирующие ферменты.

Процессы разрушения перекисных соединений и взаимодействия с активными формами кислорода регулируют ферменты (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатионпероксидаза, липопероксидаза, медь-оксидаза и др.). Активность каталазы и селенсодержащей глутатионпероксидазы в крови эдильбаевских овец, находящихся в биогеохимических условиях постоянно действующего стресс-фактора – низкого уровня селена, йода и кобальта в окружающей животных среде и кормах, до настоящих исследований никто не изучал.

Для того, чтобы выяснить влияние низкого уровня физиологически важных микроэлементов (Se, J, Co) в среде и растительных кормах на процессы свободнорадикального окисления, мы исследовали уровень активности антиоксидантных ферментов селенсодержащей глутатионпероксидазы (ГПО) и каталазы, которая активируется микроэлементами, а также количество продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) диеновых конъюгатов (ДК) и малонового диальдегида (МДА) в крови овцематок и ягнят в возрасте 4 месяцев, в период их реализации населению (табл. 2).

Таблица 2

Показатели свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты разновозрастных эдильбаевских овец и ягнят

Название показателей	Овцематки, 3–4 года	Ягнята, 4–4,5 месяцев
Диеновые конъюгаты, мкмоль/л	0,48 ± 0,06	0,50 ± 0,08
Малоновый диальдегид, мкмоль/л	0,52 ± 0,05	0,59 ± 0,07
Глутатионпероксидаза, мк MG-SH л/мин · 10 <sup>3</sup>	7,04 ± 0,18	6,01 ± 0,26
Каталаза, мкM H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /л · мин · 10 <sup>3</sup>	15,08 ± 1,07	13,52 ± 0,91

Сопоставляя результаты исследований с очень немногочисленными данными подобного рода работ [1, 8], выполненных в других биогеохимических условиях, следует заключить, что полученные показатели перекисного окисления наших овцематок и ягнят (ДК и МДА) и ягнят в период отъема значительно выше литературных [10, 2, 3, 4]. Уровень же активности антиоксидантных ферментов определенно ( $P < 0,05$ ) у изучаемых нами эдильбаевских овец ниже, чем у находящихся в условиях низкого уровня Se, J и Co в среде и кормах, чем у тонкорунных овец в других регионах России, где нет дефицита селена в кормах [10, 11].

Резюмируя вышеизложенное, можно с большей долей достоверности утверждать, что в условиях Астраханской области дефицита селена, йода и кобальта в почвах, растениях, кормах, органах и тканях животных на фоне низкого уровня ряда важных гематологических показателей и отрицательных балансов Se и J у эдильбаевских овец и ягнят развивается синдром скрытой формы комбинированного (Se и J) гипомикроэлементоза. Овцы, чей образ жизни и спектр питания наиболее приближены к окружающей среде, чем, например, у человека или свиней, питающихся весьма разнообразной пищей, часто завозимой из других, благополучных по эндемическим заболеваниям человека и животных регионов, имеют реально большую возможность чаще испытывать дефицит микроэлементов в среде и кормах, что приводит к окислительному стрессу.

Недостаток Se, J и Co в среде и кормах вызывает у овец изменение уровня свободнорадикального окисления. При этом в организме животных начинают накапливаться продукты перекисного окисления при одновременном снижении уровня активности антиоксидантных ферментов, т.е. антиоксидантной защиты. Все это ведет к снижению интегративных функций роста и развития молодых животных, а у овцематок возникает целый ряд патологических синдромов (уменьшается продуктивность и воспроизводительная способность), при этом проявляются и другие негативные явления. Например, удлинение времени окота маток и т.д. [5, 6, 7].

#### Выводы

1. Исследованная гематологическая картина овцематок и ягнят эдильбаевской породы в период их отъема от матерей свидетельствует о низком уровне показателей крови у овец и ягнят.

2. В биогеохимических условиях Астраханской области у эдильбаевских овец и ягнят установлен высокий уровень продуктов перекисного окисления липидов и низкий – антиоксидантных ферментов (ГПО и каталазы).

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-01292 а.*

#### Список литературы

1. Арсанукаев Д.Л. Метаболизм различных форм микроэлементов в организме молодняка крупного рогатого скота и овец: автореф. дис. ... докт. – Тверь. – 48 с.
2. Воробьев В.И. Физиологическая роль меди в организме коров в биогеохимических условиях Нижней Волги / В.И. Воробьев, Д.В. Воробьев // Естественные науки. – 2010. – № 3 (32). – С. 76–82.
3. Воробьев Д.В. Обмен микроэлементами у коров в биогеохимических условиях Астраханской области / Д.В. Воробьев, В.И. Воробьев // Естественные науки. – 2010. – № 3 (32). – С. 76–82.
4. Воробьев Д.В. Терапевтическое влияние препаратов селена, йода и меди на состояние тканей при гипозементазах свиней в онтогенезе // Естественные науки. – 2011. – № 4 (37). – С. 118–125.
5. Владимиров Ю.А. Перекисное окисление липидов биологических мембран / Ю.А. Владимиров, А.А. Арчаков. – М.: Наука, 1989. – 267 с.
6. Владимиров Ю.А. Свободные радикалы и антиоксиданты // Вестник РАМН. – 1998. – № 7. – С. 43–51.
7. Канапин К. Эдильбаевская овца. – Алма-аты, 2009. – 168 с.
8. Мигаенко С.А. Применение селеноорганического препарата «Селенолин» для восстановления репродуктивного здоровья овцематок: автореф. дис. ... канд. – Саратов, 2011. – 22 с.
9. Ланкин В.З. Свободнорадикальные процессы в норме и при патологических состояниях / В.З. Ланкин, А.К. Тихазе, Ю.Н. Беленков. – М., 2001. – 78 с.
10. Одынец Р.Н. О методах определения потребности сельскохозяйственных животных в микроэлементах // Микроэлементы в животноводстве и растениеводстве. – Фрунзе: изд. «ИЛИМ», 1982. – С. 47–54.
11. Ярован Н.И. Биохимические аспекты оценки, диагностики и профилактики технологического стресса у сельскохозяйственных животных: автореф. дис. ... докт. – М., 2008. – 48 с.

#### References

1. Arsanukaev, D.L. Metabolism of different forms of microelements in the organism of a young bull of a large horned cattle and sheep: author's abstract of a dissertation. Tver, 48 p.
2. Vorobev, V.I. Physiological role of copper in the organism of cows in biogeochemical conditions of the lower Volga. / V.I. Vorobev, D.V. Vorobev // Estestvennye nauki, 2010, no 3 (32), pp. 76–82.
3. Vorobev, D.V. Exchange of microelements in cows in biogeochemical conditions of the Astrakhan region. / D.V. Vorobev, V.I. Vorobev // Estestvennye nauki, 2010, no 3 (32), pp. 76–82.
4. Vorobev, D.V. Therapeutic effect of selenium, iodine and copper preparations on the condition of tissues in selenosis of pigs in ontogeny // Estestvennye nauki, 2011, no 4 (37), pp. 118–125.
5. Vladimirov, Ju.A. Peroxisome oxidation of lipids in biological membranes / Ju.A. Vladimirov, A.A. Archakov. M.: Nauka, 1989, 267 p.
6. Vladimirov, Ju.A. Free radicals and antioxidants // Vestnik RAMN. 1998. no. 7. pp. 43–51.
7. Kanapin, K. Edilbaevskaja ovca. Alma-aty, 2009, 168 p.
8. Migaenko, S.A. Application of selenium-organic preparation «SELENOLIN» for the restoration of reproductive health of ewes. Avtoref.kand.diss. Saratov, 2011, 22 p.
9. Lankin, V.Z. Free radical processes in norm and in pathological states / V.Z. Lankin, A.K. Tihaze, Ju.N. Belenkov. M., 2001, 78 p.
10. Odynech R.N. On methods of determination of the need of agricultural animals in microelements // Mikroelementy v zhivotnovodstve i rastenievodstve. Vyp. / Frunze: izd. «ILIM», 1982, pp. 47–54.
11. Jarovan, N.I. Biochemical aspects of evaluation, diagnosis and prevention of technological stress in agricultural animals: author's abstract of a dissertation. M., 2008, 48 p.

#### Рецензенты:

Зайцев В.Ф., д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой «Гидробиология и общая экология», Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань;

Федорова Н.Н., д.м.н., профессор кафедры «Гидробиология и общая экология», Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань.

УДК 539.2

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДОРОДА ВЫСОКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ ПРОЧНОСТЬ МНОГОСЛОЙНЫХ СОСТАВНЫХ ОБОЛОЧЕК В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ

Белов А.В., Поливанов А.А., Неумоина Н.Г.

*Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: polivanov@kti.ru*

В данной работе предложена методика решения комплексной задачи по оценке прочности и долговечности многослойных оболочек вращения с учетом процессов пластических деформаций, температурной ползучести, водородной коррозии и деградации свойств материалов во времени. Решена практическая задача по расчету напряженно-деформированного состояния составной двухслойной конической оболочки. Внутренний слой изготовлен из хром-никелевого сплава и обращен к водородосодержащей среде, внешний слой изготовлен из малоуглеродистой стали. Оболочка находилась при температуре 500 °С. Толщина защитного слоя изменялась от 0 до 25 мм, а давление – от 2 до 3 МПа. Определены компоненты напряженно-деформированного состояния и время до разрушения оболочки. В статье приведены рекомендации по выбору оптимальной толщины защитного слоя оболочки.

**Ключевые слова:** многослойные стальные пластины, высокотемпературная водородная коррозия, высокотемпературная ползучесть

## HIGH PARAMETER HYDROGEN AFFECTS ON THE LONG-TERM STRENGTH OF THE MULTI-LAYER COMPOSITE SHELLS UNDER THE TEMPERATURE CREEP

Belov A.V., Polivanov A.A., Neumoina N.G.

*Reader of Kamyshtin Technological Institut (branch) of Volgograd State Technical University,  
Kamyshtin, e-mail: polivanov@kti.ru*

This work describes research methods of complex problem solution to estimate strength and durability of multiple layer shells of rotation with an account of plastic deformations, temperature creep, the hydrogen corrosion and degradation of material's properties in time. The practical calculation of the stressed – strained state accounts of the two-layer composite conical shell is resolved. An internal layer is made of chrome – nickel alloy, which is directed to the hydrogen-containing medium, an external layer is made of low – carbon steel. The shell was under the temperature at 500 °C. The protective layer thickness was varied from 0 to 25 mm, and the pressure was varied from 2 to 3 MPa. The components of stressed – strained state accounts and the time to failure of the shell of rotation were carried out. The article provides guidance for the selection of the protective layer's optimum thickness of the shell.

**Keywords:** multilayer steel plates, high temperature corrosion, high temperature creep

В данной работе изложена разработанная авторами методика решения комплексной задачи по оценке прочности и долговечности стальных оболочек вращения с учетом необратимых деформаций, повреждаемости материалов вследствие ползучести и высокотемпературной водородной коррозии [1, 2, 4, 5]. Эта задача решалась в термовязкоупруго-пластической постановке, с применением соотношений теории неизоотермических процессов упругопластического деформирования элементов твердого тела по траекториям малой кривизны, линеаризованных методом дополнительных деформаций. Учет влияния повреждаемости материалов вследствие ползучести на процесс ее деформирования осуществляется путем введения параметра повреждаемости в соотношения термовязко-пластичности, для определения которого используется хорошо зарекомендовавшее себя кинетическое уравнение повреждаемости в форме, предложенной Ю.Н. Работновым.

Коррозионное воздействие водорода на стали в настоящее время изучено достаточно хорошо, и на эту тему имеется множество публикаций, в которых показано, что влияние водорода существенным образом сказывается на изменении вида диаграммы деформирования углеродистых сталей, при этом снижаются прочностные и пластические свойства сталей и происходит их охрупчивание, ухудшаются длительные прочностные характеристики сталей. Вместе с тем возможность комплексного учета повреждаемости материалов вследствие температурной ползучести и водородной коррозии почти нигде не рассмотрена. Таким образом, основной и наиболее сложной задачей исследования является определение условий перехода механических характеристик сталей из исходного состояния в обезуглероженное. Для этого используются несколько подходов, подробно изложенных авторами в публикации [3]. Рассмотрим некоторые из них.

### Обобщенная модель химического взаимодействия

Предполагается, что влияние водорода, контактирующего с материалом конструкций, проявляется по истечении определенного времени, называемого инкубационным периодом  $t_{инк}$ . После завершения инкубационного периода начинается интенсивное обезуглероживание материала конструкции, сопровождающееся ухудшением его механических свойств. При этом механические свойства материалов могут существенно изменяться. Этот период называется периодом активных химических превращений  $t_{кр}$ . По завершении указанного периода дальнейших изменений механических свойств сталей под воздействием водорода не происходит.

Влияние водорода на свойства материала в данной модели представляется в виде дифференциального уравнения для параметра химического взаимодействия водорода с материалом конструкции  $\mu$ , изменяющегося от  $\mu_0$  до  $\mu_{кр}$ , принадлежащего интервалу (0; 1) и характеризующего степень поражения материала вследствие водородной коррозии [3]:

$$\frac{d\mu}{dt} = k \cdot \mu(1 - \mu) \quad (1)$$

с условиями:

$$t = 0, \quad \mu = \mu_0(p, T, \omega_c);$$

$$t = t_{инк}, \quad \mu = \mu_n(p, T, \omega_c); \quad (2)$$

$$t = t_{кр}, \quad \mu = \mu_{кр}(p, T, \omega_c).$$

Здесь  $k(p, T, \omega_c)$  – коэффициент, учитывающий влияние давления  $p$ , температуры  $T$  и степени поврежденности  $\omega_c$  на кинетику химических превращений, приводящих к деградации физико-механических свойств материала.

Решение уравнения (1) имеет вид [3] (кривая 1 на рис. 1):

$$\mu(t) = \frac{1}{1 + g_0 e^{-kt}}; \quad (3)$$

$$g_0 = (1 - \mu_0)/\mu_0; \quad (4)$$

$$k(p, T, \omega) = \frac{P^u}{m \cdot (1 - \omega_c)^\zeta} \cdot \exp\left(-\frac{B}{T}\right) \cdot \ln \frac{g_0}{g_n}; \quad (5)$$

$$g_n = (1 - \mu_n)/\mu_n, \quad (6)$$

где  $m$ ,  $u$ ,  $B$ ,  $\zeta$  – константы, экспериментально определяемые для различных марок стали. Значения  $\mu_0$ ,  $\mu_n$  и  $\mu_{кр}$  определяются по методике, изложенной в рабо-

те [3] и связаны с анализом кинетики выделения метана при взаимодействии водорода с углеродом, содержащимся в материале стенки.

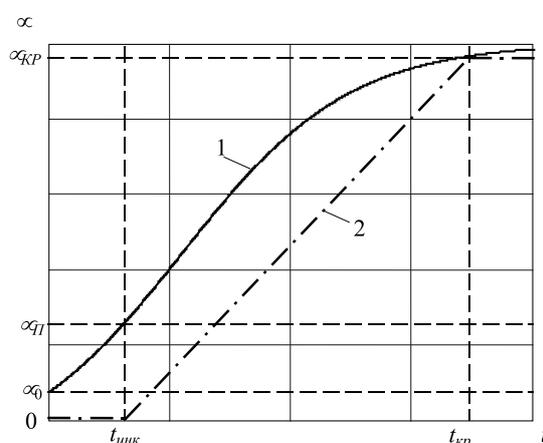


Рис. 1

При этом учет влияния уровня напряжений на длительность инкубационного периода и скорость высокотемпературной коррозии вводится зависимость коэффициента  $m$  от  $\sigma$  в виде

$$m = m_0 \exp(G \cdot \sigma_3^g);$$

$$\sigma_3 = \begin{cases} \sigma_i, & \text{при } \sigma_{cp} > 0; \\ 0, & \text{при } \sigma_{cp} \leq 0. \end{cases} \quad (7)$$

Здесь:  $m_0$ ,  $G$ ,  $g$  – константы материала;  $\sigma_3$  – эквивалентное напряжение;  $\sigma_i$  – интенсивность нормальных напряжений,  $\sigma_{cp}$  – среднее напряжение.

Распределение давления по толщине оболочки вычисляется [3]:

для плоской стенки:

$$P_z = \left( \sqrt{P_B} \cdot \left(1 - \frac{z}{h}\right) + \sqrt{P_H} \cdot \frac{z}{h} \right)^2; \quad (8)$$

для оболочки:

$$P_p = \left( \sqrt{P_B} + \left( \sqrt{P_H} - \sqrt{P_B} \right) \cdot \frac{\ln(\rho/r_B)}{\ln(r_H/r_B)} \right)^2, \quad (9)$$

где  $z$  – плоская координата;  $\rho$  – сферическая координата;  $h$  – толщина оболочки;  $r_B$  – внутренний радиус оболочки;  $r_H$  – наружный радиус оболочки;  $P_B$  – внутреннее давление;  $P_H$  – наружное давление.

### Упрощенная модель химического взаимодействия

Так как  $t < t_{инк}$  изменений механических свойств материалов еще не происходит, а при  $t > t_{кр}$  уже не происходит [3], то ло-

гистическую кривую Ферхюльста можно аппроксимировать трехзвенной линией (на рис. 1 линия 2) и конкретизировать в виде

$$\mu(t) = \alpha t + \mu_{\text{п}}, \quad (10)$$

где

$$\alpha = \frac{\mu_{\text{кр}} - \mu_{\text{п}}}{t_{\text{кр}} - t_{\text{инк}}} = \frac{\mu_{\text{кр}} - \mu_{\text{п}}}{t_{\text{инк}}(1 - \lambda)}; \quad (11)$$

$$\mu_{\text{п}} \leq \mu(t) \leq \mu_{\text{кр}}. \quad (12)$$

Длительность инкубационного периода, как показано в работе [3], определяется с помощью следующего соотношения:

$$t_{\text{инк}} = m p^{-u} \cdot \exp(B/T), \quad (13)$$

где  $p$  – парциальное давление водорода, МПа;  $T$  – температура;  $m, u, B$  – некоторые константы, экспериментально определяемые для различных марок стали.

Длительность периода активных химических превращений определяем следующим образом [3]:

$$t_{\text{кр}} = \lambda t_{\text{инк}}, \quad (14)$$

где  $\lambda$  – параметр, являющийся мерой скорости химического взаимодействия водорода с конструкцией, показывающий, во сколько раз время до завершения периода изменений механических свойств материала отличается от продолжительности инкубационного периода, т.е.  $\lambda = t_{\text{кр}}/t_{\text{инк}}$ . Для стали 20 этот параметр принимает значения в пределах от 5 до 10 [3].

В том случае, если известно, что процесс обезуглероживания конструкции значительно короче времени до начала разрушения, можно использовать еще более простые модели воздействия водородосодержащей среды. В частности, замену логистической кривой, описывающей плавное изменение механических характеристик, на ступенчатое их изменение от начального до конечного состояния, по прошествии либо инкубационного периода, либо периода активных химических превращений.

На рис. 2 схематически показан примерный характер изменения временного сопротивления стали 20 вследствие воздействия водорода. Здесь  $\sigma_{\text{в}}$  и  $\sigma_{\text{в}}^*$  – соответственно значения временного сопротивления материала в исходном и обезуглероженном состоянии. Другие механические характеристики материала ( $E, \sigma_{\text{р}}, \delta, \psi$ ) изменяются в процессе обезуглероживания аналогичным образом [3].

При использовании варианта 1 считается, что механические характеристики ступенчато изменяются по истечении периода времени, соответствующего  $t_{\text{кр}}$ , а в варианте 2 это изменение происходит сразу же после завершения инкубационного перио-

да, то есть при  $t_{\text{кр}} = t_{\text{инк}}$ . При этом вариант 1 дает завышенную оценку времени обезуглероживания, а вариант 2 – заниженную. Кроме того, в варианте 2 не требуется нахождение параметра  $\lambda$ .

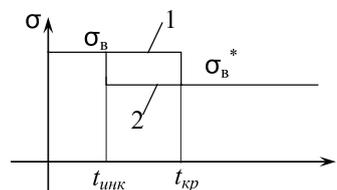


Рис. 2

Учет влияния напряжений на скорость коррозии и распределение давлений осуществляется так же, как и в обобщенной модели.

На основе упрощенной модели химического взаимодействия построена также модель оценки кинетики движения фронта обезуглероживания, целью разработки которой была возможность использования при аналитических расчетах, однако она может использоваться только для некоторых несложных моделей пластин и неспособна учитывать нестационарный характер изменения тепловых, силовых нагрузок и давления водорода, а также влияние уровня напряжений на скорость движения фронта обезуглероживания.

В действительности моделей воздействия водородосодержащей среды значительно больше, наиболее распространенные из них подробно рассмотрены в работе [3]. Здесь же приведены только те модели, которые могут использоваться в составе разработанного авторами программного комплекса по расчету напряженно-деформированного состояния оболочечных конструкций [1, 2, 4, 5].

Технически учет влияния водорода на прочностные свойства конструкции реализован следующим образом. Для каждого из материалов конструкции введены механические характеристики двух его состояний – исходного и обезуглероженного. Если процесс обезуглероживания отсутствует (инкубационный период не завершен), то для расчета параметров напряженно-деформированного состояния берутся исходные механические характеристики материала. Если в материале уже происходит процесс обезуглероживания, но он еще полностью не завершен, то значения механических характеристик материала на этой стадии расчета, вычисляются путем линейной интерполяции в зависимости от текущего значения  $\mu(t)$  между исходным и обезуглероженным состояниями. Если процесс обезуглероживания завершен, то для расчета берутся характеристики обезуглероженного материала.

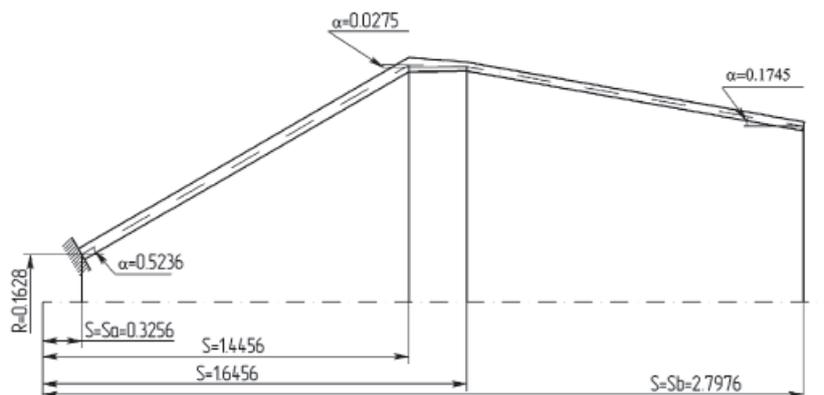


Рис. 3

С применением данной методики были проведены расчеты составной двухслойной конической оболочки, осевое сечение которой приведено на рис. 3. Исследуемая конструкция состоит из трех участков. По форме меридиана координатной поверхности все три участка оболочки являются коническими. Левый торец оболочки жестко заделан, правый свободен. Толщина первого участка 40 мм (конусность 30°), третьего – 30 мм (конусность 10°). Второй участок является переходным (конусность 1,575°). Давление водорода осуществляется с внутренней стороны и постоянно во времени.

Внутренний слой, обращенный к водородосодержащей среде, изготовлен из материала 12X18H9T, а внешний – из материала сталь 20.

Давление водорода принималось равным 2, 2,5 и 3 МПа. Выбор значений обусловлен следующими соображениями: при 2 МПа в материале имеют место только мгновенные упругие деформации и деформации ползучести, а при 2,5 и 3 МПа – еще

и мгновенные пластические. Все расчеты приведены для температуры 500°С.

Константы материала в соотношениях были взяты из [3], которые для стали 20 при данных условиях нагружения принимают следующие значения:  $k = 1,49 \cdot 10^{-5}$  (МПа)· $u$ , ч;  $u = 1,73$ ;  $B = 13500$ ;  $\lambda = 1 \dots 10$ . Согласно данным, приведенным в работе [3], механические свойства сплавы 12X18H9T под воздействием водорода практически не изменяются.

Влияние уровня напряжений на скорость процесса обезуглероживания в данном расчете не учитывалось, поскольку для этого требуются дополнительные исследования.

В работе исследовалось влияние толщины защитного слоя 12X18H9T на длительную прочность оболочки, а также распределение, меридиональных напряжений, деформаций зон пластичности и повреждаемости в моменты времени до разрушения, перед разрушением и непосредственно после него. Некоторые результаты приведены на рис. 4–6.

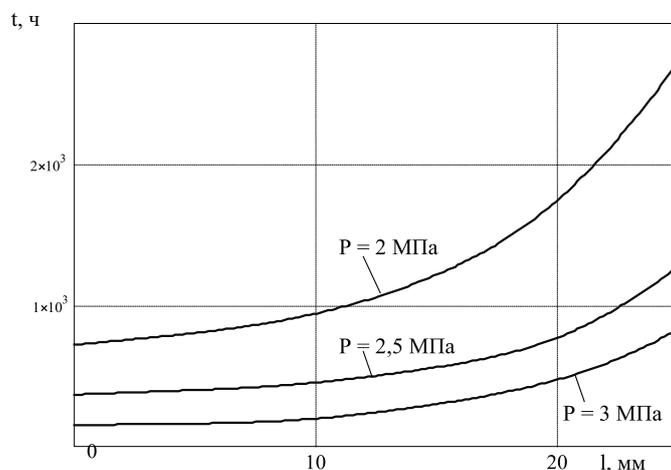


Рис. 4

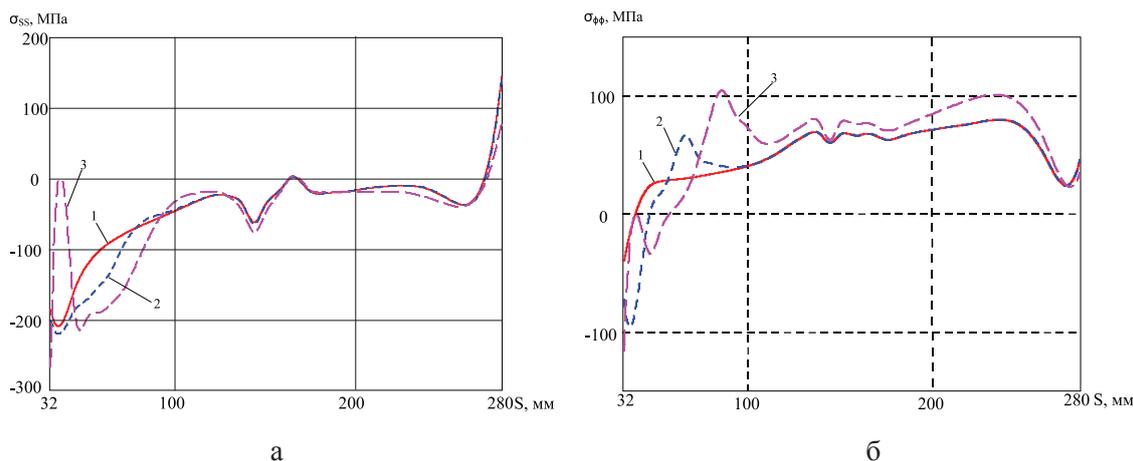


Рис. 5

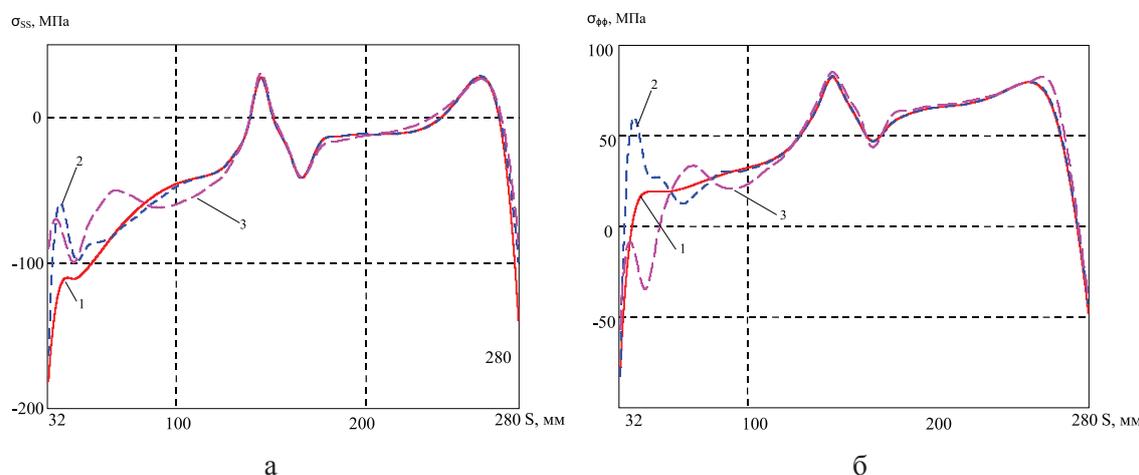


Рис. 6

На рис. 4 приведены графики, показывающие время до разрушения оболочки в зависимости от толщины защитного слоя при разных давлениях. Введение защитного слоя существенно увеличивает время до разрушения оболочки. Набор таких графиков, полученных при разных давлениях и температурах, позволяет подобрать требуемую толщину защитного слоя при заданном ресурсе изделия.

На рис. 5 приведены кривые, показывающие распределение меридиональных (а) и окружных (б) напряжений на внутренней поверхности, а на рис. 6 – на внешней поверхности для толщины защитного слоя 5 мм и давления 2,5 МПа. Кривая 1 соответствует началу процесса нагружения, кривая 2 – моменту времени  $t = 379$  ч (непосредственно перед разрушением), кривая 3 – моменту времени  $t = 380$  ч (сразу после начала разрушения). На этих графиках видно перераспределение напряжений по

мере развития пластических деформаций и накопления повреждений от наружного слоя к более прочному внутреннему. Однако по мере накопления повреждений во внутреннем слое происходит вторичное перераспределение напряжений уже к наружному слою. При этом наиболее нагруженными точками оболочки являются точки внутренней поверхности. Начало процесса разрушения происходит в точке внутренней поверхности с меридиональной координатой  $S = 0,457$  м.

Таким образом, исследуя историю изменения напряженно-деформированного состояния с учетом перемещения фронта обезуглероживания и повреждаемости материалов при ползучести и используя соответствующие критерии мгновенной и длительной прочности, можно оценить ее несущую способность и долговечность с учетом воздействия всех вышеназванных факторов.

### Список литературы

1. Белов А.В. Осесимметричное упругопластическое напряженно-деформированное состояние оболочек вращения с учетом повреждаемости материала при ползучести: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 1989. – 18 с.

2. Белов А.В., Поливанов А.А., Попов А.Г. Расчет пластин и оболочек с учетом повреждаемости материалов при ползучести и высокотемпературной водородной коррозии // Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 5. – С. 61–68.

3. Овчинников И.Г., Хвалько Т.А. Работоспособность конструкций в условиях высокотемпературной водородной коррозии. – Саратов, 2003. – 176 с.

4. Поливанов А.А. Осесимметричное упругопластическое деформирование многослойных оболочек вращения с учетом повреждаемости материала при ползучести: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Волгоград, 2004. – 19 с.

5. Bagmutov V., Belov A., Polivanov A. Damage Calculation Features of Multi-layered Shells of Rotation at Thermo – Viscous – Elasto – Plastic Strain // *Mechanika*. – 2004. – № 3(47). – P. 19–23.

### References

1. Belov A. V. Osесimmetrichnoe uprugoplasticheskoe napryazhenno deformirovannoe sostojanie obolochek vrashhenija s uchetom povrezhdaemosti materiala pri polzuchesti: Avtoreferat diss. kand. tehn. nauk. Kiev, 1989. 18 pp.

2. Belov A.V., Polivanov A.A., Popov A.G. Raschet plastin i obolochek s uchetom povrezhdaemosti materialov pri polzuchesti i vysokotemperaturnoj vodorodnoj korrozii // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. 2009. no. 5. pp. 61–68.

3. Ovchinnikov I.G., Hvalko T.A. Rabotosposobnost konstrukcij v uslovijah vysokotemperaturnoj vodorodnoj korrozii: Saratov, 2003. 176 p.

4. Polivanov A.A. Osесimmetrichnoe uprugoplasticheskoe deformirovanie mnogoslojnyh obolochek vrashhenija s uchetom povrezhdaemosti materiala pri polzuchesti: Avtoreferat diss. kand. tehn. nauk. Volgograd, 2004. 19 p.

5. Bagmutov V, Belov A., Polivanov A. Damage Calculation Features of Multi-layered Shells of Rotation at Thermo Viscous Elasto Plastic Strain // *MECHANIKA*, 2004, no. 3(47) pp. 19 23.

### Рецензенты:

Богомолов А.Н., д.т.н., профессор, проректор по научной работе, ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», г. Волгоград;

Богданов Е.П., д.т.н., профессор кафедры «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград.

УДК 621. 398-583

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ПНЕВМОПРИВОДА РОБОТА

Дао Тхе Ань, Сидоренко В.С.

ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет»,  
Ростов-на-Дону, e-mail: daoanh2010@mail.ru

В условиях интенсивной автоматизации технологических и рабочих процессов, реализуемых различными механизмами и машинами. Особенно важно это для позиционных систем приводов, обеспечивающих оптимальные траектории движения исполнительных механизмов машин. В работе рассматривается динамическая пневмомеханическая система позиционного пневмопривода робота (ППР) повышенного быстродействия и точности позиционирования горизонтального перемещения схвата робота. Предлагается обобщенная математическая модель динамической системы автоматизированного пневмопривода для решения задачи максимального быстродействия  $T_{ц} \rightarrow \min$  и заданной точности перемещения  $\pm \Delta L$ . Вычислительным экспериментом получены кинематические и динамические характеристики позиционного пневмопривода при управлении потоком сжатого воздуха на сливе. Установлено влияние перемещаемой массы на точность позиционирования схвата робота, перемещаемого в конце хода, что позволяет формировать оптимальные по быстродействию и точности позиционирования циклы.

**Ключевые слова:** динамика пневмопривода, позиционный пневмопривод, быстродействие, точность позиционирования, скорость позиционирования, перемещаемая масса

## THE STUDY OF THE DYNAMICAL SYSTEM HIGH-SPEED PNEUMATIC ROBOT POSITION

Dao The Anh, Sidorenko V.S.

Don State Technical University, Rostov on Don, e-mail: daoanh2010@mail.ru

Under the conditions of intensive automation and workflow implemented by various mechanisms implied and machines. This is especially important for positional drive systems provide optimal trajectory of the actuators machines. In this paper we consider generalized trajectory duty cycle position pneumatic robot (PPR) of high speed and positioning accuracy of the horizontal movement of the elbow in the metal-working machine. Offers automated pneumatic horizontal movement of the elbow of the robot, which provides structural and parametric control of the operating cycle and the positioning of the PPR. A generalized mathematical model of dynamic positioning actuator horizontal movement (PPGP) elbow for maximum performance  $T_{ц} \rightarrow \min$  and accuracy of a given  $\pm \Delta L$ , with deceleration end of the turn and fix the position of the elbow. Computational experiments obtained kinematic and dynamic characteristics of position (PPGP) elbow with flow control on the sink. The influence prevedennogo mass accuracy positioning of the tool during deceleration and at the end of the course, which allows you to create optimum for speed and accuracy positioned cycles in the position mode.

**Keywords:** dynamic pneumatic drive, actuator position, speed, positioning accuracy, dynamic pneumatic drive, movable mass

Многообразие конструкций, компоновок, достаточно обширный научный потенциал выполненных исследований, в большей степени отдельных, частных случаев, требует единого подхода к созданию механизмов позиционирования автоматизированного производства научного анализа, синтеза и управления такими механизмами. Преимущества имеют механизмы позиционирования с оптимальным управлением позиционными циклами на основе мехатронных модулей. В этих условиях следует иметь в виду быстроходные механизмы позиционирования, выполняющие как отдельные движения, так и сложные позиционные циклы, длительность которых определяется не только временем движения  $T_{ц}$ , но и быстродействием формирования команд на переключение управлений  $ST_y$ , передачи управления на последующие движения (на замедление  $T_{зм}$ , установление скорости позиционирования  $T_y$  и остановка  $T_{поз}$ ). В этом случае  $T_{ц} = ST_p$ , что характеризует быстро-

ходность механизма. При этом необходимо учитывать ограничения по точности перемещения  $\Delta L \leq |\Delta L_{\max}|$ . Установление влияния величины и характера изменения кинематических и силовых параметров в процессе позиционирования позиционно-пневматического привода является целью нашего исследования. Объектом исследования является механизм перемещения схвата пневматического робота.

Автоматизированное технологическое оборудование имеет замкнутые рабочие циклы, формируемые следующими движениями: быстрый подвод, замедление, остановка с позиционированием, быстрый отвод. Эффективность работы привода определяется длительностью рабочего цикла и точностью переключения элементов рабочего цикла. Они обеспечивают требования повышенного быстродействия и точности позиционирования исполнительных движений. Обобщенные траектории исполнительных движений целевых механизмов представлены на рис. 1.

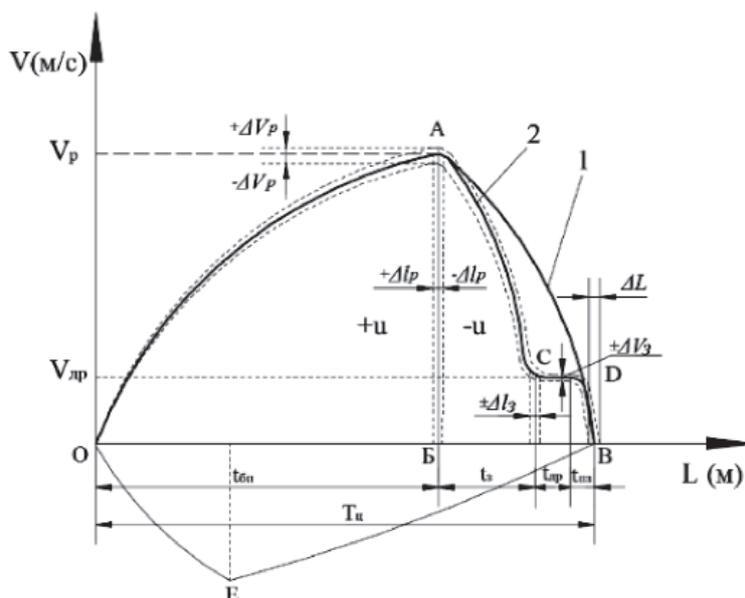


Рис. 1. Типовые траектории исполнительных движений целевых механизмов:  
1 – обобщенная траектория исполнительного движения; 2 – оптимальная траектория движения

Точки O, B фиксируют конечные положения выходного звена объекта управления. В зависимости от резерва мощности привода возможны различные траектории. В обычных оптимальных позиционных приводах – «ступенчатую» OACDB, в быстроходных позиционных – «колокол» OAB. Последняя обеспечивает минимальное время перемещения и называется оптимальной (OA – разгон, AB – торможение). Она получена решением задачи оптимального быстродействия; точка O – исходное положение (стоп) с фиксацией выходного звена привода;  $V_0 = 0$ ,  $L_n = 0$  – структура привода с перекрытым сливом; участка O-A – разгон автоматизированного пневмопривода (АПП) до скорости  $V_{\text{оп}}$  по траектории  $L_{\text{оп}}$ ; в точке A – переключение управления  $u_1$  на замедление АПП; участка A-B – замедление АПП до торможенной скорости  $V_{\text{др}}$ ; C-D – участок перед торможением с  $V_{\text{др}}$ ; в точке D – переключение управления  $u_2$  на остановку АПП; в точке B: переключение управления на реверсировании движения. Время рабочего хода определяется выражением

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{оп}} + t_3 + t_{\text{др}} + t_{\text{мс}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – время позиционного цикла;  $t_{\text{оп}}$  – время быстрого подвода;  $t_3$  – время замедления до скорости позиционирования  $V_{\text{др}}$ ;  $t_{\text{др}}$  – время до торможения;  $t_{\text{мс}}$  – время остановки с позиционированием.

Таким образом, организация и исполнение рабочих циклов в реальном пространстве и времени требует автоматизированного управления его параметрами:

перемещение, положение  $\Delta L$ , скорость  $V$ , сила  $F$ , организация рабочего цикла. Во многих случаях необходимо управление их отклонениями. Необходимо принять ограничения по точности и быстродействию привода  $T_{\text{ц}} \rightarrow \min$ ,  $\Delta l_3 \leq |\Delta l_3 \max|$  и  $\Delta L \leq |\Delta L \max|$ . В такой постановке оптимальная траектория получается решением задачи оптимального быстродействия [1, 3]. Основным направлением поиска технического решения являлись программные позиционные пневмоприводы с внешним тормозом, наиболее полно отвечающие поставленной задаче, обеспечивающей структурно-параметрическое управление рабочим циклом и позиционированием позиционного пневмопривода.

Принципиальная пневмокинематическая схема обобщенной структуры АПП представлена на рис. 2. Она определяет состав устройств, пневмомеханические связи. При одновременном включении электромагнитов YA1, YA5 распределитель P1 переключается в левую позицию, воздух через обратный клапан попадает в поршневую полость силового пневмоцилиндра ПЦ1. При включении электромагнита YA5 воздух попадает в многофункциональный датчик. Шток силового пневмоцилиндра ПЦ1 начинает выдвигаться, при этом рейка, жёстко связанная со штоком, вращает вал датчика. Сигнал датчика, представляющий собой импульсы давления, попадает на датчик давления (ДД), с которого в виде электрических импульсов поступает в систему управления (ПЛК). При достижении определённого

положения включается YA3, происходит переключение распределителя P3, скорость движения штока цилиндра ПЦ1 уменьшится до скорости, задаваемой дросселем Др2. В заданной точке включается электромагнит YA4, подается давление в цилиндры тормоза (ПЦ2 и ПЦ3), шток останавливается.

Повышенные требования к технологическому оборудованию по точности и быстродействию обуславливают необходимость проведения оценки их динамического качества уже на этапе проектирования. При этом существенно сокращается время последующих испытаний и улучшается качество рабочих процессов реальных позиционных пневматических приводов при меньших затратах времени и средств.

На основе принципов и правил математического описания динамических подсистем с механическими связями, обоснованных работами [2, 4, 5], получена математическая модель, которая представляет систему нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих поведение

ее подсистем в процессе позиционных перемещений. Были приняты следующие допущения:

- модель считается одномассовой;
- характеристики источника питания  $p_n = \text{const}$ ,  $T_n = \text{const}$ , поскольку напорная магистраль пневмопривода соединена с ресивером достаточного объема через регулятор давления;
- процесс изменения состояния газа в пневмосистеме считается адиабатическим, поскольку процесс позиционирования происходит за короткий промежуток времени;
- рабочее тело пневматического устройства – воздух рассматривается как идеальный газ, процессы в котором описываются уравнением Клайперона – Менделеева, поскольку давление в пневмосистеме ниже 10 бар;
- утечки в подвижных соединениях малы, они зависят главным образом от конструктивного исполнения и могут быть ограничены коэффициентом утечки  $K_y$ .

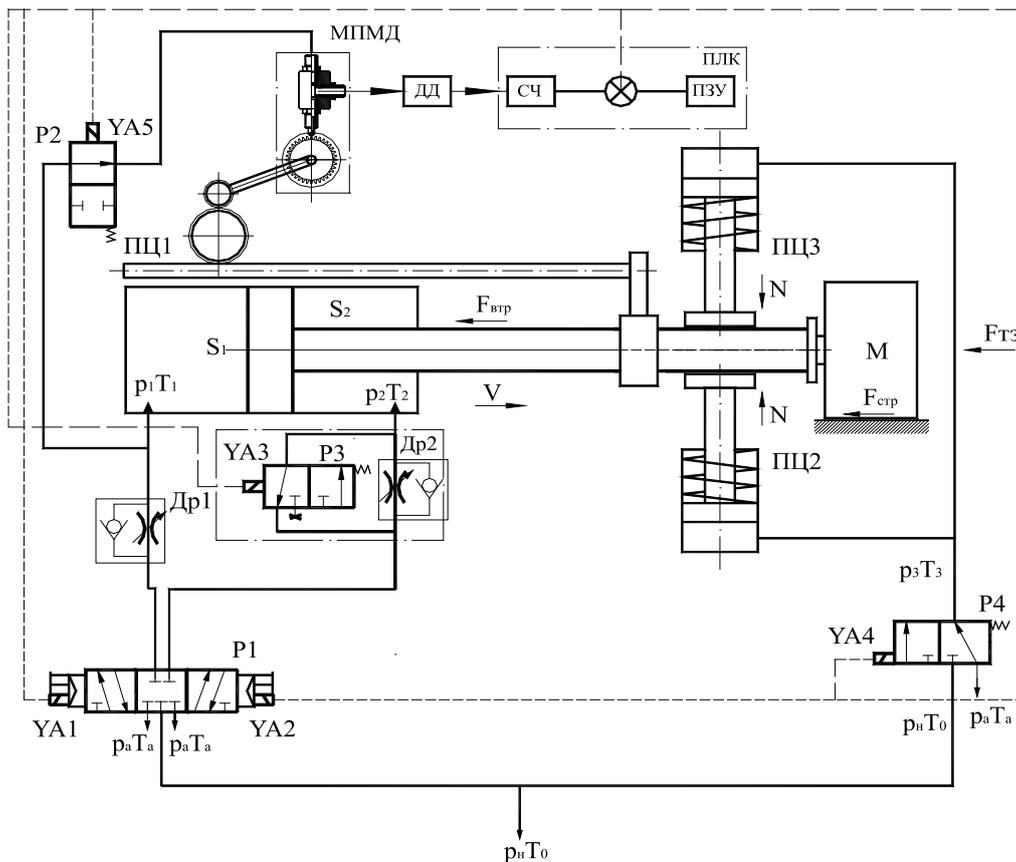


Рис. 2. Принципиальная пневмокинематическая схема АПП:  
 ДД – датчик давления; ПЛК – программируемый логический контроллер;  
 ПЗУ – программируемое задаваемое управление; ПЦ1 – силовой пневмоцилиндр;  
 ПЦ2, ПЦ3 – тормозные пневмоцилиндры; P1, P2, P3, P4 – пневмораспределители;  
 Др1, Др2 – дроссели с обратным клапаном; М – перемещаемая масса

1. Уравнение движения привода.

$$m_{\text{пр}} \frac{dV}{dt} = p_1 S_1 - p_2 S_2 - F_{\text{втр}} - F_{\text{стр}} - \alpha F_{\text{тз}}, \quad (2)$$

где  $S_1, S_2$  – эффективная площадь поршневой и штоковой полостей пневмоцилиндра соответственно,  $\text{м}^2$ ;  $p_1, p_2$  – давление воздуха соответственно в поршневой и штоковой полости пневмоцилиндра, Па;  $V$  – скорость перемещения движущихся масс,  $\text{м/с}$ ;  $k_{\text{втр}}$  – коэффициент вязкого трения,  $\text{Н}\cdot\text{с/м}$ ;  $m_{\text{пр}}$  – масса подвижных частей привода;  $\sum F_{\text{тз}}$  – сила трения, создаваемая приводом тормоза, Н;  $F_{\text{тз}} = \lambda F_{\text{н}} \cdot F_{\text{н}}$  – усиления на штоке, Н;  $\alpha = 0$  при  $t < t_{\text{тз}}$  и  $\alpha = 1$  при  $t \geq t_{\text{тз}}$ ;  $t_{\text{тз}}$  – задаваемое время начала процесса торможения;  $x$  – перемещение штока силового пневмоцилиндра;  $F_{\text{стр}} = F_{\text{тг}} \cdot \text{sign}(V)$  – сила сухого трения, Н;  $F_{\text{втр}} = k_{\text{втр}} V$  – сила вязкого трения, Н;  $k_{\text{втр}}$  – коэффициент вязкого трения.

Уравнение (2) можно написать в следующем виде:

$$m_{\text{пр}} \frac{d^2 L}{dt^2} = p_1 S_1 - p_2 S_2 - F_{\text{тг}} \cdot \text{sign} \left( \frac{dL}{dt} \right) - k_{\text{втр}} \cdot \frac{dL}{dt} - \alpha F_{\text{тз}}. \quad (3)$$

2. Уравнения давлений в АПП.

Из условия неразрывности потока газа для средних значений параметров газа по сечению пневмораспределителей:  $G = \text{const}$ , где  $G$  – массовый расход сжатого воздуха,  $f_p = \pi \cdot d \cdot x$  – площадь сечения пневмораспределителя.

– Уравнение баланса массового расхода напорной линии силового пневмопривода.

$$G_1 = G_{1\text{пц}} + G_{\text{п}} + G_{1\text{сж}} + G_{\text{пмд}}, \quad (4)$$

где  $G_1 = \mu_1 \cdot f_{p1} \cdot p_{\text{н}} \sqrt{\frac{2k}{R \cdot T_{\text{н}}(k-1)}} \cdot \varphi(\sigma_1)$ ;

$$G_{1\text{пц}} = \frac{W_1 \cdot dp_1}{k \cdot R \cdot T_{\text{н}}};$$

$$G_{\text{п}} = k_{\text{п}} \cdot (p_{\text{н}} - p_1) \cdot \text{sign}(p_{\text{н}} - p_1);$$

$$G_{1\text{сж}} = \frac{W_{\text{н}}}{E} \frac{p_1 \cdot dW_{\text{н}}}{R \cdot T_{\text{н}}};$$

$$G_{\text{пмд}} = \mu_{\text{д}} \cdot \pi \cdot d_{\text{с}} \cdot y \cdot K \frac{p_1}{\sqrt{RT_{\text{д}}}} \varphi(\sigma_1);$$

$G_1$  – массовый расход напорной линии  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $G_{1\text{пц}}$  – массовый расход в бесштоковой полости силового пневмоцилиндра,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $G_{\text{п}}$  – массовый расход, идущий на перетечки рабочий воздух,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $G_{1\text{сж}}$  – сжимаемость массового расхода воздуха напорной линии,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $k_{\text{п}}$  – коэффициент перетечки

рабочего воздуха;  $G_{\text{пмд}}$  – массовый расход, протекающий через пневмомеханический датчик,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $p_{\text{д}}$  – давление в рабочей зоне пневмомеханического датчика, Па;  $d_{\text{с}}$  – диаметр сопла, м;  $y$  – расстояние между соплом и диском.

Уравнение (5) имеет следующий вид:

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{k \cdot \mu_1 \cdot f_{p2} \cdot K \cdot p_{\text{н}} \cdot \sqrt{R \cdot T_{\text{н}}} \cdot \varphi(\sigma_1)}{S_1 \cdot (L_{11} + L)} - \frac{k \cdot p_1}{E \cdot (L_{11} + L)} \frac{dX}{dt} - \frac{k \cdot R \cdot T_{\text{н}}}{S_1 \cdot (L_{11} + L)} \cdot k_{\text{п}} \cdot (p_{\text{н}} - p_1) \cdot \text{sign}(p_{\text{н}} - p_1) - \frac{k \cdot R \cdot T_{\text{н}}}{S_1 \cdot (L_{11} + L)} \cdot \mu_{\text{д}} \cdot \pi \cdot d_{\text{с}} \cdot y \cdot K \frac{p_1}{\sqrt{R T_{\text{д}}}} \varphi(\sigma_1). \quad (5)$$

– Уравнение баланса массового расхода сливной линии силового пневмопривода.

$$G_2 = -G_{2\text{пц}} + G_{\text{y}} + G_{\text{сж}} + \beta \cdot G_{\text{р3}} + (1 - \beta) \cdot G_{\text{др}}, \quad (6)$$

где  $G_2 = \frac{\mu_2 \cdot f_2 \cdot K \cdot p_2}{\sqrt{R \cdot T_2}} \cdot \varphi \left( \frac{\sigma_{\text{д}}}{\sigma_2} \right)$ ;

$$G_{2\text{пц}} = \frac{W_2 \cdot dp_2}{k \cdot R \cdot T_2}; G_{\text{y}} = k_{\text{y}} \cdot p_2;$$

$$G_{\text{р3}} = \mu_{\text{р3}} \cdot f_{\text{р3}} \cdot p_2 \cdot \sqrt{\frac{2k}{(k-1)RT_2}} \cdot \varphi(\sigma_3);$$

$$G_{2\text{сж}} = \frac{W_{\text{сл}}}{E} \frac{p_2 \cdot dW_{\text{сл}}}{R \cdot T_2};$$

$$G_{\text{др}} = \mu_{\text{др}} \cdot f_{\text{др2}} \cdot p_2 \cdot \sqrt{\frac{2k}{(k-1)RT_2}} \cdot \varphi(\sigma_3);$$

$\frac{p_2}{p_{\text{м}}} = \left( \frac{T_2}{T_{\text{н}}} \right)^{\frac{k}{k-1}}$ ;  $G_2$  – массовый расход сливной

линии,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $G_{2\text{пц}}$  – массовый расход в штоковой полости силового пневмоцилиндра,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $G_{\text{y}}$  – массовый расход, идущий на утечки рабочего воздуха,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $G_{2\text{сж}}$  – сжимаемость массового расхода воздуха сливной линии,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $G_{\text{р3}}$  – массовый расход через пневмораспределитель Р3,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $G_{\text{др}}$  – массовый расход через пневмодрессель Др2,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $f_{\text{р3}} = \pi \cdot d_{\text{р3}} \cdot x_{\text{з013}}$  – площадь сечения полости пневмораспределителя Р3,

$\text{м}^2$ ;  $f_{\text{др2}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{др2}}^2}{4}$  – площадь сечения полости пневмодресселя Др2,  $\text{м}^2$ ;  $d_{\text{р3}}$  – диаметр сечения полости пневмораспределителя Р3, м;  $d_{\text{др2}}$  – диаметр сечения полости пневмодресселя Др2, м;  $p_{\text{м}}$  – давление питания, Па.

Уравнение (5) имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dp_2}{dt} = & - \left[ \frac{k \cdot f_{p2} \cdot \mu_2 \cdot K \cdot (p_2)^{\frac{3k-1}{2k}} \cdot \sqrt{R \cdot T_a}}{S_2 \cdot (s + L_{12} - L) p_a^{\frac{k-1}{2k}}} \right] \cdot \varphi \left( \frac{\sigma_a}{\sigma_2} \right) + \\ & + \frac{k \cdot p_2}{E \cdot (s + L_{12} - L)} \left( \frac{dX}{dt} \right) + \frac{k_y \cdot R \cdot \left( \frac{P_a}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} \cdot T_2}{S_2 \cdot (s + L_{12} - L)} \cdot P_2 + \\ & + \beta \cdot \frac{\mu_{p3} \cdot f_{p3} \cdot p_2 \cdot \sqrt{R \cdot \left( \frac{P_a}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} \cdot T_2 \cdot K}}{S_2 \cdot (s + L_{12} - L)} \cdot \varphi(\sigma_3) + \\ & + (1-\beta) \cdot \frac{\mu_{dp2} \cdot f_{dp2} \cdot p_2 \cdot \sqrt{R \cdot \left( \frac{P_a}{P_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} \cdot T_2 \cdot K}}{S_2 \cdot (s + L_{12} - L)} \cdot \varphi(\sigma_3), \end{aligned} \tag{7}$$

где  $\varphi(\sigma_i) = \sqrt{\sigma_i^{\frac{2}{k}} - \sigma_i^{\frac{k+1}{k}}}$  при  $0,528 < \sigma_i < 1$ ;  
 $\varphi(\sigma_i) = 0,2588$  при  $0 < \sigma_i \leq 0,528$ ;  $\sigma_i = \frac{P_i}{P_n}$ ;  
 $K = \sqrt{\frac{2 \cdot k}{k-1}}$ ;  $k$  – показатель адиабаты (для воздуха  $k = 1,4$ );  $T_m, T_{д}, T_2$  – температура воздуха питания, в пневмомеханическом датчике, на сливной линии;  $P_m, P_a, P_1, P_2$  – давление питания, атмосферы, воздуха соответственно в нагнетательной и выхлопной магистралях, Па;  $f_{p2}, f_{p3}$  – площади проходных сечений пневмораспределителей, м<sup>2</sup>;  $f_{dp2}$  – площадь проходного сечения дросселя, м<sup>2</sup>;  $s$  – ход пневмоцилиндра;  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_{dp2}$  – ко-

эффициенты расхода;  $L_{11}, L_{12}$  – отношение начальных («пассивных») объемов  $W_n, W_{сл}$  пневмопривода к полезной площади поршня поршневой и штоковой полостей пневмоцилиндра соответственно, м;  $W_1, W_2$  – объемы пневмоцилиндра ПЦ1 к площади поршня поршневой и штоковой полостей м<sup>3</sup>;  $x_{0T3}$  – отношение начальных («пассивных») объемов пневмопривода к площади отверстия распределителя Р4 (рис. 1), м;  $R$  – универсальная газовая постоянная ( $R = 287$  Дж/(кг·К));  $f_{pi} = 3,14 \cdot d_{pi} \cdot x_{zoli}$ ;  $E$  – модуль объемной упругости смеси жидкости и воздуха, Па;  $k_n$  – коэффициент перетечки.

3. Уравнение управляющих золотниковых пневмораспределителей [4, 5].

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} x_{zoli}(t) = v_{zoli}(t); \\ \frac{d^2}{dt^2} x_{zoli}(t) = \frac{1}{m_{pi}} [\beta(F_{эм}(t) + P_0 S_{zoli}) - k_{Вти} v_{zoli}(t) - C(x_{zoli}(t) + x_{0i})], \end{cases} \tag{8}$$

где электромагнитная сила рассчитывается по формуле

$$\begin{aligned} F_{эм}(t) &= 2 \frac{\theta^2}{2 A_e \mu_0} = \frac{L(t)^2 i(t)^2}{N^2 A_e \mu_0}; \\ L(t) &= \frac{N^2 A_e \mu_c}{l_{eq}} = \frac{N^2 A_e \mu_c}{l_c + 2 \mu_r (x_{зазор} - x_{zol}(t))}; \\ \frac{d}{dt} i(t) &= \frac{1}{L(t)} [U(t) - Ri(t)] - \frac{2 \mu_r L(t) \dot{x}_i(t) i(t)}{N^2 A_e \mu_c}. \end{aligned}$$

При постоянном токе  $i(t) = 20$  мА и напряжении  $U(t) = 24$  В;  $N$  – число оборотов катушки;  $x_{зазор}$  – общий воздушный зазор, м;  $A_e$  – эффективная площадь поперечного сечения пути потока, м<sup>2</sup>;  $x_{zol}(t)$  – перемещение золотника, м;  $\mu_c, \mu_0$  – проницаемость сердечника;

$\theta$  – магнитный поток;  $\mu$  – относительная проницаемость сердцевины;  $m_{pi}$  – масса золотника перемещения, кг;  $S_{zol}$  – площадь пневмораспределителя, к которым относятся  $P_0$ , м;  $C$  – коэффициент жёсткости пружины, Н/м;  $k_{Bmi}$  – коэффициенты вязкостей;  $i = 1, 3, 4$ ;  $\beta$  – булевой параметр.

4. Модель пневмомеханического тормоза

$$\begin{cases} m_{T3} \frac{d^2 y}{dt^2} = 2 \cdot \alpha \cdot p_3 \cdot S_4 - 2 \cdot F_{T0}^{T3} \cdot \text{sign} \left( \frac{dy}{dt} \right) - C_{T3} (y - y_{01}) - \gamma \cdot \sum F_H; \\ \frac{dp_3}{dt} = \alpha \left( \frac{k \cdot \mu_3 \cdot f_{p4} \cdot K \cdot P_H \cdot \sqrt{R \cdot T_H} \cdot \varphi(\sigma_3)}{S_4 \cdot (y_{02} + y)} - \frac{k \cdot p_3}{(y_{02} + y)} \cdot \frac{dy}{dt} \right), \end{cases} \quad (9)$$

где  $m_{T3}$  – перемещаемая масса тормозного устройства;  $y$  – путь торможения;  $p_3$  – давление в бесштоковой полости тормозного цилиндра;  $S_4$  – площадь тормозной колодки;  $C_{T3}$  – коэффициент жёсткости пружины пневмоцилиндра тормоза, Н/м;  $F_{T3} = \lambda \cdot F_H$  – сила трения, Н;  $F_H$  – нормальная сила;  $\lambda$  – коэффициент трения;  $\gamma$  – булевой параметр.

Система нелинейных дифференциальных уравнений (2)–(9) может решаться различными численными методами (Эйлера, Рунге – Кутты и др.) при заданных начальных условиях. Исследование предлагаемой модели выполнено с использованием программной поддержки Matlab-Simulink 2012b численным методом Рунге – Кутты.

Моделирование проводилось при следующих исходных данных: перемещаемая масса подвижных частей привода  $m_{np} = [10, 12, 15, 17]$  кг; диаметр поршня силового пневмоцилиндра  $D = 0,06$  м; диаметр штока силового пневмоцилиндра  $d = 0,04$  м; коэффициенты расхода  $\mu_1 = 0,6$ ;  $\mu_2 = 0,8$ ;  $\mu_3 = 0,4$ ; коэффициент упругости пружины распределителей  $C_i = 100$  Н/м; давление питания  $P = 6 \cdot 10^5$  Па; атмосферное давление  $p_a = 1 \cdot 10^5$  Па;  $k = 1,4$ ; ход силового пневмоцилиндра  $s = 0,284$  м; температура  $T_H = T_n = T_a = 290$  К;  $R = 287$ ;  $N = 1000$  об; диаметр золотника  $d_{zol} = 0,002$  м;  $A_e = 0,75 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>;  $\mu_0 = 4 \cdot p_i \cdot 10^{-7}$ ;  $\mu_r = 120 \cdot 10^{-6}$ ;  $x_{zolimax} = 0,008$  (м);  $\lambda = 0,42$ . При начальных условиях:  $t = 0 \rightarrow (X(0), V(0), P_1(0), P_2(0), x_{zol1}(0), v_{zol1}(0), x_{zol2}(0), v_{zol2}(0)) = (0; 0; 0; 6e5; 0; 0; 0,002; 0)$ .

При  $t = t_{пб} \rightarrow (X_{пб}, V_{max}, P_1(t_{пб}), P_2(t_{пб}), x_{zol2max}, 0; 0,002; 0)$ .

При моделировании позиционных циклов более подробно исследовались участки позиционирования  $L_{поз}$  (перехода с  $V_{бп}$  на скорость позиционирования привода).

На рис. 3 представлены результаты моделирования процесса замедления движения АПП с установленной скоростью  $V_{бп}$  до скорости позиционирования  $V_{поз} = 0,2$  м/с, с длиной хода  $0,284$  м. Команда на замедление подается в координатах  $L_{пб}$ . Команда на остановку подается в координате  $L = 0,284$  м. Колебательности переходного

процесса на участке позиционирования отметим удовлетворительность каждого из них по основным критериям оценки устойчивости (колебательного перерегулирования, допустимая погрешность 5%). При этом максимальное ускорение торможения достигается  $7,2$  м/с<sup>2</sup>, не превышает допустимое ускорение на удар ( $< 8$  м/с<sup>2</sup>). Длину участка позиционирования  $L_{пз}$  определяла величина перемещения АПП от координаты, в которой падается команда управления на замедление до координаты АПП остановки. На рис. 4 представлены результаты вычислений и экспериментов исследования влияния перемещаемых масс АПП на участке позиционирования и точность позиционирования. При удовлетворительности совпадения результатов вычислений и натурных экспериментов установлено их существенное влияние на длительность, быстродействие участка и точность позиционирования. Так при изменении перемещаемых масс  $m$  от  $10$  до  $17$  кг время, длительность на участке позиционирования увеличивается в  $1-1,8$  раза и точность позиционирования увеличивается в  $1,75$  раз и точность позиционирования не превышает  $0,051$  мм.

Предложена и исследована обобщенная математическая модель динамической позиционной пневматической системы привода горизонтального перемещения робота, позволяющая описывать динамику переходных процессов на участке позиционирования. Вычислительным и натурным экспериментами на стенде-модели подтверждается адекватность предлагаемой модели с удовлетворительным совпадением моделируемых процессов. Установленные зависимости величины и длительности участка позиционирования от перемещаемых масс позволяют определять зоны устойчивого позиционирования по времени и точности позиционирования исследованиями достигаются быстродействия АПП превышающие в  $1-1,8$  раза, результаты известных аналогов при точности позиционирования ( $0,031-0,051$  мм) в исследованном диапазоне перемещаемых масс ( $10-17$  кг).

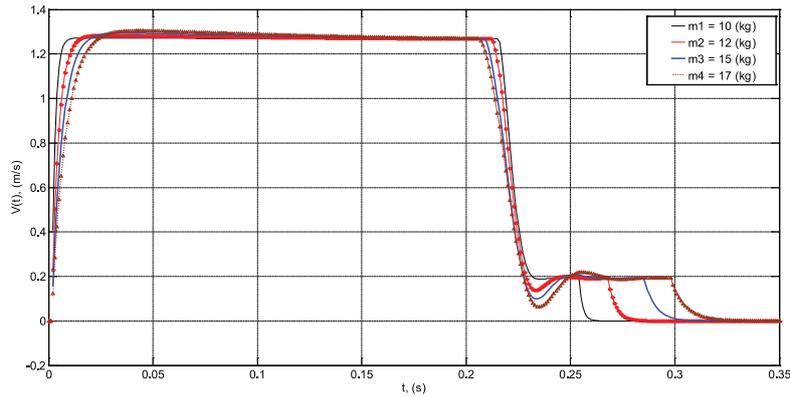


Рис. 3. Динамика позиционного цикла при различных перемещаемых массах  $m_{np}$ :  $m_{np} = 10$  кг;  $m_{np} = 12$  кг;  $m_{np} = 15$  кг;  $m_{np} = 17$  кг

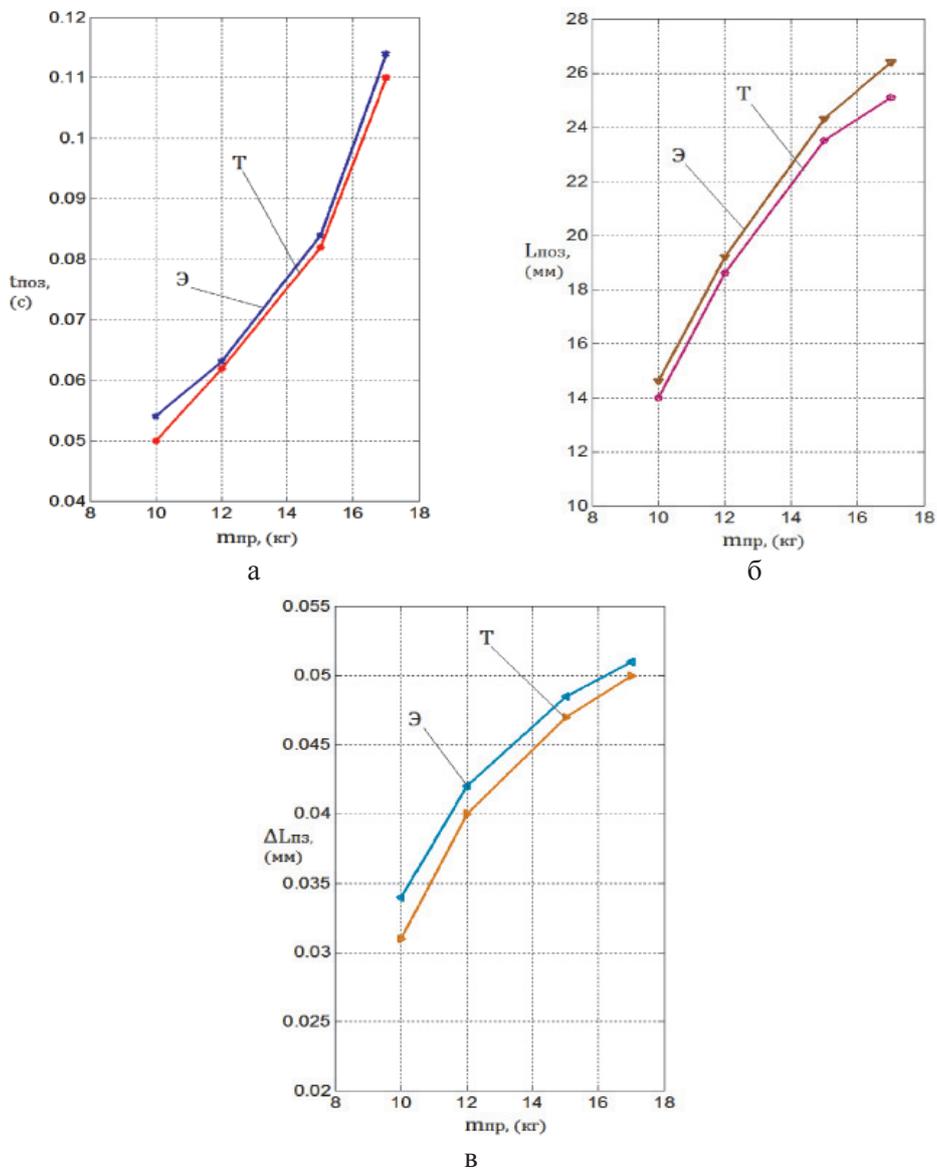


Рис. 4. Влияние перемещаемых масс  $m_{np}$  (кг) на участке позиционирования и на точность позиционирования АПП при вычислении (Т) и экспериментом (Э) исследования:  
 а – время участка позиционирования; б – длина участка позиционирования;  
 в – точность позиционирования АПП

### Список литературы

1. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. – М., Наука, 1969. – 408 с.
2. Герц Е.В. Динамика пневматических систем машин. – М.: Машиностроение, 1985. – 265 с.
3. Касимов А.М. Развитие пневматических средств автоматизации // Технические программные средства систем управления, контроля и измерения: труды конференции. – М., октябрь 2010.
4. Taghizadeh M., Ghaffari A., Najafi F. Modeling and identification of a solenoid valve for PWM control applications // ScienceDirect, C.R. Mecanique. – 337 (2009). – P. 131–140.
5. Behrouz Najjari S, Masoud Barakati, Ali Mohammadi, Mohammad Javad Fotuhi, SaeidFarahat, and Mohammad Bostanian. Modelling and Controller Design of Electro-Pneumatic Actuator Based on PWM // International Journal of Robotics and Automation (IJRA). – September 2012. – Vol. 1, № 3. – P. 125–136.

### References

1. Boltjanskij V.G. Matematicheskie metody optimalnogo upravlenija. M., Nauka, 1969. 408 p.
2. Gerc E.V. Dinamika pnevmaticeskikh sistem mashin. M.: Mashinostroenie, 1985. 265 p.
3. Kasimov A.M. Razvitie pnevmaticeskikh sredstv avtomatizacii. Trudy konferencii «Tehnicheskie i programnye

sredstva sistem upravlenija, kontrolja i izmerenija». Moskva, oktjabr 2010.

4. Taghizadeh M., Ghaffari A., Najafi F. Modeling and identification of a solenoid valve for PWM control applications // Science Direct, C.R. Mecanique 337 (2009) pp. 131–140.

5. Behrouz Najjari S, Masoud Barakati, Ali Mohammadi, Mohammad Javad Fotuhi, SaeidFarahat, and Mohammad Bostanian. Modelling and Controller Design of Electro-Pneumatic Actuator Based on PWM // International Journal of Robotics and Automation (IJRA) Vol. 1, no. 3, September 2012, pp. 125–136.

### Рецензенты:

Шошиашвили М.Э., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Мехатроника и гидropневмоавтоматика», ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный технический университет», г. Новочеркасск;

Шишкарев М.П., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Информационное обеспечение автоматизированных технологических комплексов», ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону.

УДК 621.74.01

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ ПРЕСС-ФОРМЫ ПРИ ИНЖЕКЦИОННОМ ЛИТЬЕ ЛОПАТОК ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

<sup>1</sup>Степаненко И.С., <sup>2</sup>Хаймович И.Н.

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. ак. С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)», Самара, e-mail: iliya.stepanenko@gmail.com;

<sup>2</sup>ЧОУ ВО «Международный институт рынка», Самара, e-mail: kovalek68@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию процесса заполнения статорной лопатки компрессора коротковолокнистым полимерным композиционным материалом ПЭЭК с 40% армирующего углеродного волокна. Определены условия заполнения в зависимости от технологических параметров. На основе нейросетевой модели определены оптимальные режимы, обеспечивающие полное заполнение и желаемую ориентацию волокна. Расчёты производились на основе имитационного моделирования в САЕ-системах. Апробирована методика оптимизации технологических параметров инжекционного литья изделий сложной геометрии из коротковолокнистых полимерных композиционных материалов (статорная лопатка ГТД). Методика основана на анализе численного моделирования процесса заполнения и ориентации армирующего волокна методом конечных элементов с последующим поиском области рациональных режимов литья с применением 3-слойной радиально-базисной нейронной сети. В итоге установлено, что требуемая ориентация углеродного волокна (максимальное значение тензора ориентации) в наибольшей степени зависит от скорости впрыска расплава, которая для минимальной температуры пресс-формы, обеспечивающей полное заполнение формы, должна быть максимальной.

**Ключевые слова:** инжекционное литьё, статорная лопатка, композиционные материалы, полиэфирэфиркетон, дефекты заполнения

## STUDY OF MOLD FILLING PROCESS OF POLYMER COMPOSITE BLADES MADE BY INJECTION MOLDING

<sup>1</sup>Stepanenko I.S., <sup>2</sup>Khaymovich I.N.

<sup>1</sup>VPO «Samara State Aerospace University (National Research University)», Samara, e-mail: iliya.stepanenko@gmail.com;

<sup>2</sup>POU VO «International Market Institute», Samara, e-mail: kovalek68@mail.ru

This article investigates the process of filling the stator vanes of the compressor of short-fiber polymer composite material PEEK with 40% of the reinforcing carbon fiber. The conditions of filling, depending on process parameters. Based on the neural network model determined the optimal conditions for complete filling and the desired fiber orientation. The calculations were made on the basis of simulation in CAE systems. The technique of optimization of process parameters of injection molding articles of complex geometry made of short-fiber polymer composites (stator blade CCD). The technique is based on the analysis of numerical simulation of the filling process and the orientation of the reinforcing fibers by the finite element method from the field of rational modes of casting with the use of 3-layer radial basis neural network. In the end, it is established that the desired orientation of carbon fiber (the maximum value of the orientation tensor) to the greatest extent depends on the speed of injection of the melt, for which the minimum temperature of the mold, ensuring complete filling of the form, should be maximized.

**Keywords:** injection molding, stator blade, composite materials, polyether ether ketone, filling defects

В настоящее время актуальной проблемой является получение изделий сложной геометрии из полимерных композиционных материалов, армированных коротким волокном.

При инжекционном литье (ИЛ) таких материалов, которые, как правило, обладают низкой текучестью, возможно появление таких характерных дефектов, как недолив, коробление, высокая усадка, линии стыка.

С целью оптимизации конструкторско-технологических параметров ИЛ деталей сложной геометрии (расположения и геометрии литников, температуры подаваемого расплава и пресс-формы и другие) для предотвращения указанных выше дефектов

производят имитационное моделирование ИЛ методами численного анализа.

Процесс заполнения формообразующих полостей пресс-формы формализуется решением краевой задачи численными МКЭ-методами на основе уравнения Навье – Стокса. Система состоит из двух уравнений: уравнения движения и уравнения неразрывности. В векторном виде для несжимаемой жидкости они записываются следующим образом:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} + \nu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + f; \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0, \quad (2)$$

где  $\nabla$  – оператор Гамильтона;  $\Delta$  – оператор Лапласа;  $t$  – время;  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости;  $\rho$  – плотность;  $p$  – давление,  $\vec{v}=(v^1, \dots, v^1)$  – векторное поле скоростей;  $\vec{f}$  – векторное поле массовых сил. Неизвестные  $p$  и  $\vec{v}$  являются функциями времени  $t$  и координаты  $x \in \Omega$ , где  $\Omega \in \mathbb{R}^n$ ,  $n = 2, 3$  – плоская или трёхмерная область, в которой движется жидкость.

Вязкость расплава обычно определяют по модели Кросса – Вильямса – Ландела – Ферри (Cross-WLF), которая описывает зависимость вязкости от температуры, скорости сдвига и давления.

Данная модель определяется следующим уравнением:

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \left( \frac{\eta_0 \dot{\gamma}}{\tau^*} \right)^{1-n}}, \quad (3)$$

где  $\eta$  – вязкость расплава (Па·с);  $\eta_0$  – вязкость при нулевом сдвиге, или «ньютоновский предел», к которому стремится вязкость при очень низких скоростях сдвига;  $\dot{\gamma}$  – скорость сдвига (1/с);  $\tau^*$  – критический уровень напряжения в начале сдвиговой деформации, который определяется путем подгонки кривой.

Вязкость при нулевом сдвиге определяется по формуле

$$\eta_0 = D_1 \exp \left[ - \frac{A_1 (T - T^*)}{A_2 + (T - T^*)} \right], \quad (4)$$

где  $T$  – температура (К);  $T^*$  – температура стеклования, определённая подгонкой кривой;  $A_2$  – коэффициент, равный  $A_3 + D_3 p$ ;  $p$  – давление (Па);  $D_1, A_1, A_3$  и  $D_3$  – коэффициенты, полученные из экспериментальных данных.

Для вычисления температуры стеклования используется следующее выражение:

$$T^* = D_2 + D_{3p}, \quad (5)$$

где  $D_2$  – коэффициент, полученный из экспериментальных данных.

К наиболее известным системам относятся Moldex3D и Moldflow. Результаты CAE-моделирования, которые носят дискретный характер, для поиска оптимального решения обычно аппроксимируются регрессионными зависимостями.

В работе Y.F. Yin [5] посредством моделирования процесса инжекционного литья было определено оптимальное положение литника и время заполнения формы, а также на основе данных об усадке определена оптимальная температура впрыска. С использованием данных анализа была разра-

ботана регрессионная модель для определения математической зависимости между объёмной усадкой и параметрами процесса (температурой пресс-формы, температурой расплава, давлением и временем впрыска, временем охлаждения).

Авторы Y. Wang, H. Wang, X. Xu, X. Zhang [4] объектом моделирования выбрали рабочее колесо насоса. Были предложены разные варианты расположения литниковых каналов и посредством CAE-системы изучено влияние на давление заполнения полости, распределение линий спаивания и объёмной усадки.

C. Fetecau, I. Postolache, F. Stan [3] для большего понимания процесса инжекционного литья на основе экспериментальных данных была создана компьютерная модель. Для оптимизации процесса было исследовано влияние геометрии литниковой системы на фазы заполнения и уплотнения.

В.Н. Мин [1] были проведены натурные эксперименты, по данным которых построена регрессионная модель зависимости усадки от скорости впрыска и давления выдержки. Оптимальные параметры найдены с помощью метода градиентного спуска.

Автором В.Н.М. Sadeghi [2] для предсказания качества изделия, получаемого методом инжекционного литья, на основе ключевых параметров процесса разработана нейронная сеть.

### Численное моделирование

Основным критерием качества изделий, изготовляемых методом литья под давлением, является полное заполнение формообразующей полости пресс-формы. Наряду с требованием по полному заполнению формообразующей полости, для армированных ПКМ возникает требование к равномерному распределению и направленности упрочняющего волокна. Выполнение данных требований должно обеспечиваться выбором таких параметров технологического процесса переработки материала, как скорость и давление впрыска расплава, его температура. Поиск указанных параметров является целью численного моделирования.

Объект моделирования – статорная лопатка компрессора ГТД. Полимерный композиционный материал – полиэфифиркетон, на 40% армированный углеволокном (РЕЕК90НMF40).

Коэффициенты модели вязкости Cross-WLF приведены в таблице.

Основные этапы моделирования приведены на схеме (рис. 1).

Коэффициенты модели вязкости для РЕЕК90НMF40 по зависимости (4)

Коэффициент	$n$	$\tau$ , Па	$D_1$ , Па·с	$D_2$ , К	$D_3$ , К/Па	$A_1$	$A_2$ , К
Значение	0,17	905300	$2,02865 \cdot 10^8$	417,15	0	18,082	51,6



Рис. 1. Этапы моделирования инжекционного литья (ИЛ)

К особенностям моделирования следует отнести следующие моменты:

1. Литниковая система и формообразующая полость формируется поверхностью готового изделия, а не пресс-формы.

2. Расчётная модель пресс-формы упрощается, она задается указанием габаритных размеров, литниковых каналов и каналов охлаждения.

3. Граничными условиями являются технологические параметры процесса.

На основе 3D-модели изделия строится сетка конечных элементов. В целом для прогнозирования распределения давления не обязательна высокая плотность сетки. Но точное представление общей картины заполнения может быть получено, только если сетка детализирована достаточно, чтобы отразить все подробности детали. При недостаточно качественной сетке при

расчёте могут не проявиться следующие дефекты: «эффект задержки», воздушные «ловушки», линии спая (стыка).

Для предварительного расчёта в нашем случае была использована сетка с относительно крупными элементами размером 2 мм, что привело к ошибкам генерации сетки на поверхностях с радиусами локальной кривизной меньше указанного размера. Это – тонкие кромки пера лопатки. Добавление новых элементов или разбивка области на более мелкие элементы удобнее производится в препроцессорах специализированных программных продуктов, например ANSYS.

На следующем этапе выбирается расположение литника и каналов охлаждения. Входной литник расположен со стороны нижней полки с целью её максимально быстрого полного заполнения для исключения возникновения зон непролива.

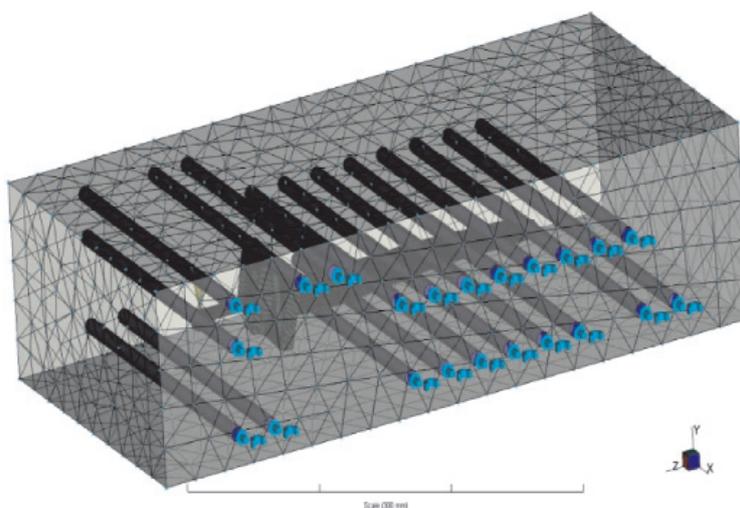


Рис. 2. Расчётная КЭ-модель пресс-формы

Температура расплава, а следовательно, его текучесть при заполнении формирующей полости зависит от тепловых потоков, подводящих и отводящих тепло от расплава. Для достижения необходимой равномерности прогрева в КЭ – модель пресс-формы вводятся каналы подогрева маслом (рис. 2). Температура, объемный расход масла, диаметр и расположение каналов также являются параметрами оптимизации при моделировании.

лем материала параметров переработки для общего случая с интервалом варьирования 20% от номинального значения, например номинальная температура подаваемого расплава – 370°C, а температура пресс-формы – 230°C, время заполнения – 10 с.

### Обсуждение результатов моделирования

В результате расчёта на номинальных режимах получена картина заполнения

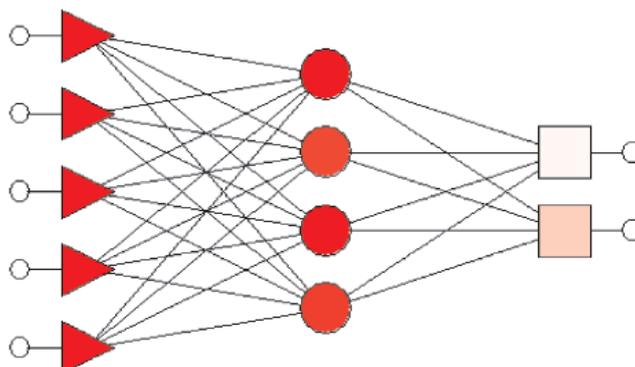


Рис. 3. Топология нейронной сети

Обычно каналы подогрева/охлаждения описываются конечными элементами типа «балка».

Для поиска оптимальных параметров ИЛ была построена радиально-базисная нейронная сеть с одним внутренним слоем нейронов, с топологией типа 5:5-4-2:2 (рис. 3).

Входные параметры: температура расплава, температура пресс-формы, время заполнения, давление заполнения, давление выдержки.

Выходные параметры: процент заполненности формообразующей полости, степень направленности углеволокна в продольном направлении.

Для обучения сети использовались 10 вариаций рекомендуемых производителем

материалом формообразующей оснастки, степень коробления, распределение температуры в оснастке и в детали в процессе литья, а также распределение армирующего волокна, наиболее вероятное при заданных технологических параметрах литья.

Расчёт показал область непролива в области пера (рис. 4). Эта незаполненная область возникла вследствие недостаточного давления во время заполнения нижней полки. Когда полка полностью заполняется, давление и, соответственно, скорость потока в области пера резко увеличивается, но часть расплава всё равно успевает застыть.

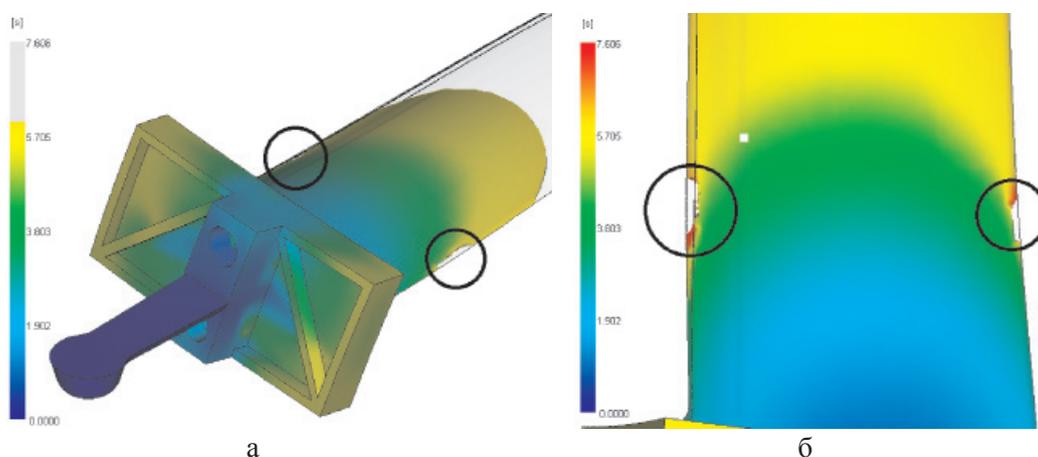


Рис. 4. Образование зоны непролива:  
а – расположение зон непролива; б – динамика заполнения формы вблизи зон непролива

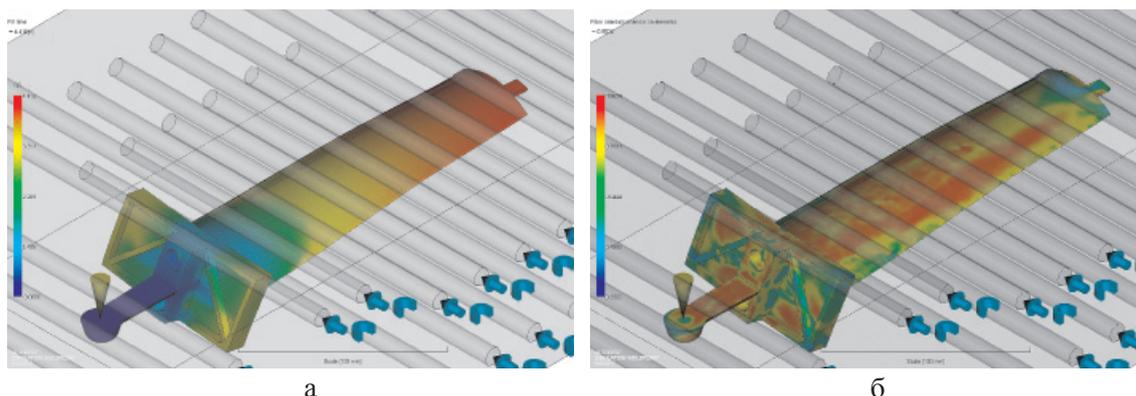


Рис. 5. Время заполнения (а) и степень ориентированности наполнителя вдоль пера лопатки (б)

### Оптимизация процесса инъекционного литья

На основе нейронной сети были получены режимы литья, которые обеспечили наилучшую заполняемость формы при максимальной величине тензора ориентации армирующего волокна. Оптимизированные режимы были верифицированы численным моделированием.

Установлено, что непролив уменьшается при увеличении скорости впрыска (т.е. уменьшении времени впрыска). Проведённые расчёты в диапазоне времени впрыска 4–7 с обеспечили процент заполнения 99,97–100%.

В итоге в качестве оптимальных параметров литья выбраны: время впрыска 4 с, а температура охлаждения расплава – 170 °С. Результаты расчёта с данными параметрами представлены на рис. 5.

Степень ориентации вдоль пера лопатки (ось Z) показана на рис. 5. Чем выше значение, тем больше волокон ориентации вдоль оси Z. В данном направлении в области пера лопатки ориентировано 75–90% наполнителя (углеволокна), что является довольно высоким показателем.

### Выводы

1. Апробирована методика оптимизации технологических параметров инъекционного литья изделий сложной геометрии из коротковолокнистых полимерных композиционных материалов (статорная лопатка ГТД). Методика основана на анализе численного моделирования процесса заполнения и ориентации армирующего волокна методом конечных элементов с последующим поиском области рациональных режимов литья с применением 3-слойной радиально-базисной нейронной сети.

2. Установлено, что требуемая ориентация углеволокна (максимальное значение тензора ориентации) в наибольшей степени зависит от скорости впрыска расплава, которая для минимальной температуры пресс-

формы, обеспечивающей полное заполнение формы, должна быть максимальной.

### Список литературы

1. Min B.H. A study on quality monitoring of injection-molded parts // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2003. – Vol. 136. – № 1–3. – P. 1–6.
2. Sadeghi B.H.M. A BP-neural network predictor model for plastic injection molding process // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2000. – Vol. 103. – Issue 3. – P. 411–416.
3. Fetecau C., Postolache I., Stan F. Numerical and experimental study on the injection molding of a thin-wall complex part // *ASME 2008 International Manufacturing Science and Engineering Conference*. – 2008. – Vol. 1. – P. 85–93.
4. Wang, Y., et al. Injection molding simulation of plastic impeller and process parameters optimization // *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*. – 2013. – Vol. 31. – № 9. – P. 747–751.
5. Yin Y.F. Modeling and Analysis of Process Parameters for Plastic Injection Molding of Base-Cover // *Advanced Materials Research*. – 2012. – Vol. 602–604. – P. 1930–1933.

### References

1. Min B.H. A study on quality monitoring of injection-molded parts, *Journal of Materials Processing Technology*, 2003, vol. 136, no 1–3, pp. 1–6.
2. Sadeghi B.H.M. A BP-neural network predictor model for plastic injection molding process, *Journal of Materials Processing Technology*, 2000, vol. 103, no. 3, pp. 411–416.
3. Fetecau C., Postolache I., Stan F. Numerical and experimental study on the injection molding of a thin-wall complex part, *ASME 2008 International Manufacturing Science and Engineering Conference*, 2008, vol. 1, pp. 85–93.
4. Wang Y. et al. Injection molding simulation of plastic impeller and process parameters optimization, *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*, 2013, vol. 31, no. 9, pp. 747–751.
5. Yin Y.F. Modeling and Analysis of Process Parameters for Plastic Injection Molding of Base-Cover, *Advanced Materials Research*, 2012, vols. 602–604, pp. 1930–1933.

### Рецензенты:

Дровяников В.И., д.э.н., проректор по учебной и воспитательной работе, ЧОУ ВО «Международный институт рынка», г. Самара;  
 Макаров А.А., д.т.н., профессор кафедры информационных систем и компьютерных технологий, ЧОУ ВО «Международный институт рынка», г. Самара.

УДК 622.691.1.053

## НОВЫЙ ПОЛИМЕРНЫЙ КОНТЕЙНЕРНЫЙ УТЯЖЕЛИТЕЛЬ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Тарасенко А.А., Редутинский М.Н.

Тюменский государственный нефтегазовый университет,  
Тюмень, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, redutinsky@yandex.ru

В статье рассмотрен вопрос использования новых полимерных грунтозаполняемых утяжелителей. Обоснована необходимость элементов дополнительной устойчивости пригруза от опрокидывания и профилирования граней короба. Элементы дополнительной устойчивости пригруза от опрокидывания выполняются из объёмной георешетки и монтируются с наружной стороны нижней части короба. Свойства выбранного материала обеспечивают отсутствие предельных состояний при деформациях во всём интервале эксплуатационных нагрузок. Наличие элементов дополнительной устойчивости от опрокидывания позволит повысить балластирующую способность утяжелителя и использовать в качестве грунта-заполнителя торф. Данное решение снизит затраты на балластировку за счет максимального использования местной сырьевой базы. Обеспечение беспрепятственного перемещения трубопровода в продольном направлении под утяжелителем, за счет применения антифрикционных накладок, увеличит устойчивость утяжелителя от опрокидывания, а также минимизирует вероятность повреждения изоляционного покрытия трубопровода.

**Ключевые слова:** трубопровод, балластировка, продольное перемещение трубопровода, изоляционное покрытие

## NEW POLYMER CONTAINER BALLAST WEIGHTS FOR MAIN PIPELINE

Tarasenko A.A., Redutinskiy M.N.

Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, redutinsky@yandex.ru

In the article, the question of use of polymer container ballast weights. The necessity of additional elements stability ballast and profiling edges of the box. Elements added stability ballast weights stall made of volumetric geogrids and mounted on the outside of the bottom of the box. The properties of the selected material provides no limit states at deformations throughout the range of operating loads. The presence of additional elements will significantly increase the stability of ballasting weight material and the ability to be used as a soil – aggregate peat. This decision will reduce the cost of ballasting by maximizing use of local raw materials. Ensure the smooth movement of the pipe in the longitudinal direction by weighting, by the use of anti-friction pads increase the stability of the weighting agent from tipping over, and also minimizes the chance of damage to the insulating coating of the pipeline.

**Keywords:** pipeline, ballasting, longitudinal pipeline movement, insulation coating

Магистральные трубопроводы в течение всего срока эксплуатации подвергаются воздействию различного рода нагрузок, как временного, так и постоянного характера, приводящих к его подвижкам. Перемещения носят зачастую циклический знакопеременный характер. Трубопровод перемещается как в продольном, так и в поперечном направлении.

На периодически затопляемых участках, слабонесущих грунтах, болотах и русловых участках подводных переходов с целью сохранения проектного положения трубопровода выполняется его балластировка. Исследования, проведенные [3, 4, 6, 7] на двух участках действующего магистрального газопровода Уренгой – Сургут – Челябинск Сургутского ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Сургут», показали, что действительные продольные перемещения трубопровода превышают значения, заложенные при проектировании средств балластировки в несколько раз. В результате значительных продольных перемещений трубопровода вероятно повреждение изоляционного покры-

тия балластирующими устройствами, а также их опрокидывание и разрушение [1, 8]. В связи с этим для сохранения изоляционного покрытия в работоспособном состоянии и повышения эффективности средств балластировки необходимо обеспечить свободное перемещение трубопровода под утяжелителем в продольном направлении.

При выполнении работ по балластировке доставка средств закрепления к месту производства работ требует значительных материальных затрат, что к тому же осложняется сложными дорожными условиями. Очевидно, что для сокращения затрат на балластировку трубопроводов необходимо максимально использовать местную сырьевую базу.

В связи с этим представляется возможным сформулировать требования к новому утяжелителю:

1. Уменьшение веса несущей оболочки утяжелителя.

2. Максимальное использование местной сырьевой базы и материалов, находящихся в непосредственной близости от места производства работ.

3. Простота изготовления и монтажа.

4. Обеспечение беспрепятственного перемещения трубопровода в продольном направлении под утяжелителем в интервале значений, полученных в [4].

Развитие промышленности привело к широкому применению различного рода полимерных и композитных материалов для создания устройств закрепления трубопроводов в проектное положение [2, 5]. Наибольшее распространение получили утяжелители, представляющие в общем виде ёмкость, заполняемую грунтом. Среди этой группы утяжелителей следует отметить полимерно-контейнерные балластирующие устройства (ПКБУ) и контейнеры текстильные (КТ) (рис. 1). Данные утяжелители нашли широкое применение и внесены в реестр оборудования, допущенного к применению в ОАО «Газпром» и ОАО «АК «Транснефть».

соединенные между собой мягкими силовыми поясами. Данные устройства соответствуют всем вышеуказанным требованиям, но имеют ряд недостатков. Оболочка из синтетического материала не обладает необходимыми прочностными свойствами, в результате чего минеральный грунт высыпается и балластирующее устройство перестает выполнять свои функции. Помимо этого, в процессе подвижек трубопровода распорная металлическая рамка ПКБУ контактирует с изоляционным покрытием и приводит к его разрушению, а соединительные пояса КТ разрушаются.

В статье [11] описано применение стеклопластиковых полимерно-контейнерных устройств для балластирования газопроводов (рис. 2) и их значительное преимущество перед аналогами. Доказана эффективность применения ПКУ на действующих объектах системы транспорта газа.

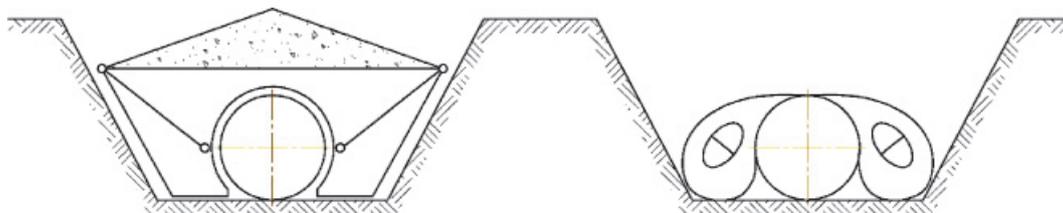


Рис. 1. Общий вид трубопровода, забалластированного полимерно-контейнерным балластирующим устройством (а) и контейнером текстильным (б)



Рис. 2. Полимерно-контейнерные устройства (ПКУ) разработки ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Полимерно-контейнерное балластирующее устройство представляет собой два контейнера, размещенных по обе стороны трубопровода, выполненные из синтетического материала и соединенные мягкими силовыми лентами и металлическими распорными рамками. Контейнеры текстильные представляют собой заполненные минеральным грунтом замкнутые объемные конструкции,

Проведенный анализ конструкции выявил ряд недостатков, устранение которых позволит существенно расширить область и повысить эффективность применения ПКУ. Авторами предлагается конструкция модернизированного грунтозаполняемого балластирующего устройства (рис. 3).

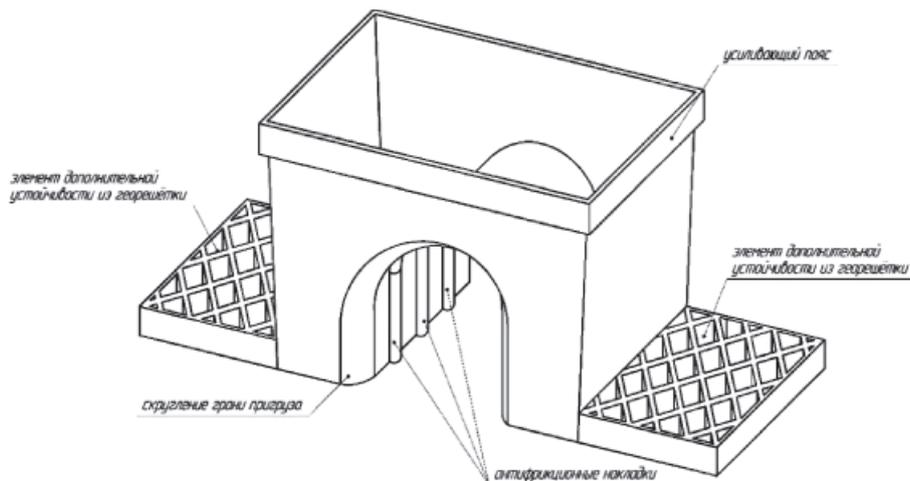


Рис. 3. Общий вид предлагаемого контейнерного утяжелителя

Равномерное распределение контактного давления ПКУ на трубопровод после засыпки грунта позволяет обеспечить сохранность изоляционного покрытия [11], но в то же время препятствует свободному перемещению трубы в продольном направлении, что может привести к опрокидыванию пригруза. Для обеспечения свободного перемещения трубопровода в продольном направлении предлагается грани модернизированного балластирующего устройства, обращенные в смонтированном положении к трубе, изготавливать скругленными, а на поверхности контактирующей с изоляционным покрытием устанавливать антифрикционные наклейки, это позволит повысить работоспособность балластирующего устройства при значительных продольных перемещениях трубопровода за счет уменьшения трения.

Для повышения устойчивости балластирующего устройства на опрокидывание

предлагается с наружной стороны нижней части короба устанавливать элементы дополнительной устойчивости из объемной георешетки. Свойства выбранного материала обеспечивают отсутствие предельных состояний при деформациях во всем интервале эксплуатационных нагрузок [10]. Применение элементов дополнительной устойчивости, за счет снижения центра тяжести пригруза, приведет к уменьшению опрокидывающего момента. Кроме того, увеличение ширины опорной поверхности позволит увеличить устойчивость утяжелителя на опрокидывание, а также повысить его балластирующую способность.

В нижней части грунтозаполняемых карманов предусматриваются отверстия для дренажа воды (рис. 4). До заполнения короба грунтом на дно карманов укладывается нетканый синтетический материал, для предотвращения вымывания грунта через дренажные отверстия.

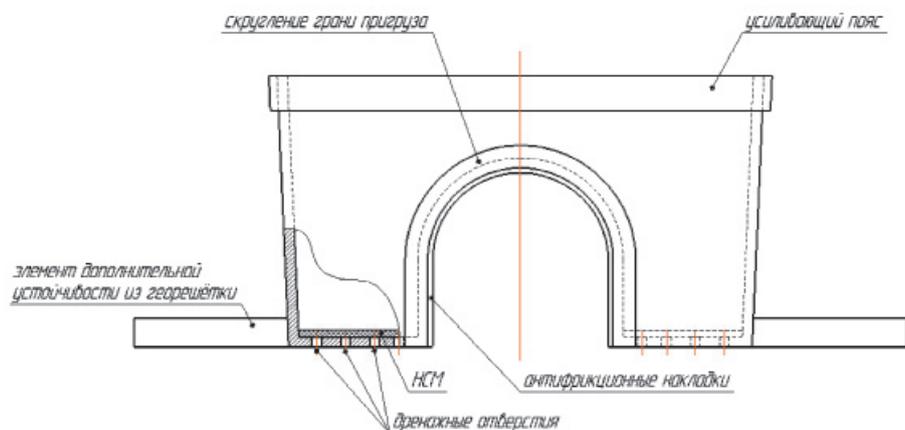


Рис. 4. Расположение дренажных отверстий

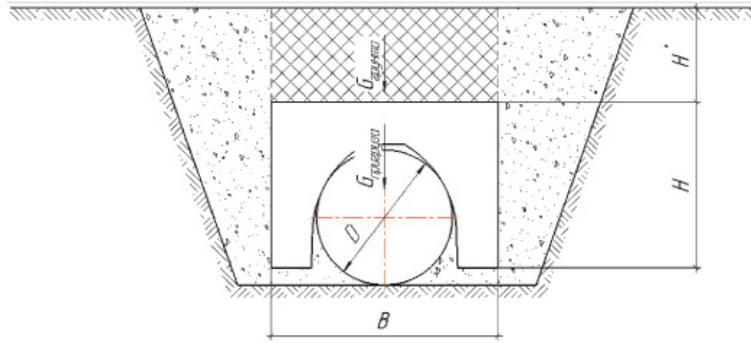


Рис. 5. Расчетная схема трубопровода, забалластированного утяжелителем 1-УБКм

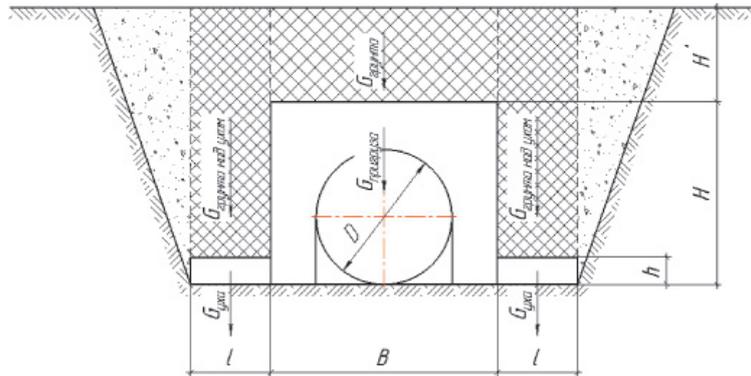


Рис. 6. Расчетная схема трубопровода, забалластированного модернизированным контейнерным утяжелителем

Данные решения усложнят технологию изготовления балластирующих устройств, но существенно повысят эффективность их применения. Балластирующая способность модернизированного контейнерного пригруза была сравнена с утяжелителем 1-УБКм-1420-10, как наиболее близким по конструкции бетонным

утяжелителем. Расчетные схемы представлены на рис. 5 и 6.

Результаты расчетов [9] приведены на графике рис. 7. График характеризует зависимость изменения балластирующей способности утяжелителя от вида заполняющего грунта при различной длине элементов дополнительной устойчивости.

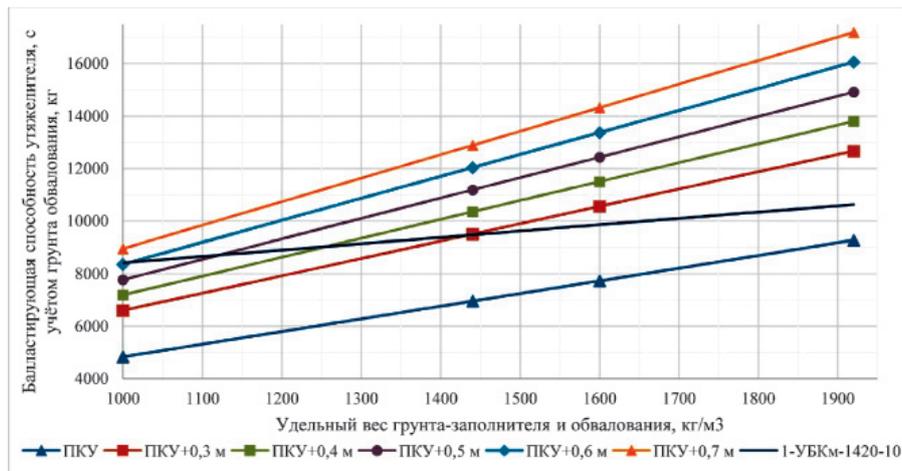


Рис. 7. Зависимость изменения балластирующей способности утяжелителя от вида заполняющего грунта при различной длине элементов дополнительной устойчивости с учётом грунта обвалования

Из графика видно, что контейнерный утяжелитель без элементов дополнительной устойчивости (приравненный к утяжелителю ПКУ-1420 разработки ООО «Газпром ВНИИГАЗ») существенно уступает железобетонному вне зависимости от грунта заполнителя. При наличии элементов дополнительной устойчивости, с учётом грунта обвалования, контейнерный утяжелитель превосходит бетонный аналог. В зависимости от типа заполняющего грунта возможно подобрать оптимальную длину элементов дополнительной устойчивости, что позволит избежать дополнительных работ по уширению траншеи. Увеличение высоты применяемой объёмной георешетки не изменяет балластирующую способность утяжелителя, но увеличивает общую жёсткость конструкции.

Значительный объём работ по балластировке трубопроводов выполняется на заторфованных участках трассы. В связи с этим применение торфа в качестве грунта заполнителя является определяющим. На рис. 8 представлен график изменения балластирующей способности предлагаемого контейнерного утяжелителя, заполненного торфом, в зависимости от длины элементов дополнительной устойчивости.

Из графика видно, что при длине элементов дополнительной устойчи-

вости более 0,6 метров эффективность балластировки предлагаемым утяжелителем выше, чем у 1-УБКМ-1420-10. Применение элементов дополнительной устойчивости большой длины приведет к необходимости локальных уширений траншеи в месте установки утяжелителя, но за счет использования торфа в качестве заполнителя позволит существенно сократить транспортные расходы без снижения эффективности балластировки.

### Выводы

1. Применение скруглённых граней короба и антифрикционных накладок позволит повысить работоспособность утяжелителя, обеспечить свободное перемещение трубопровода в продольном направлении и снизить вероятность опрокидывания пригруза.

2. Наличие элементов дополнительной устойчивости, выполненных из георешётчатого материала, не только повысит устойчивость утяжелителя на опрокидывание, но и увеличит его балластирующую способность. Наличие элементов дополнительной устойчивости длиной более 0,6 метров позволит использовать в качестве заполняющего грунта торф и существенно снизить затраты на балластировку.

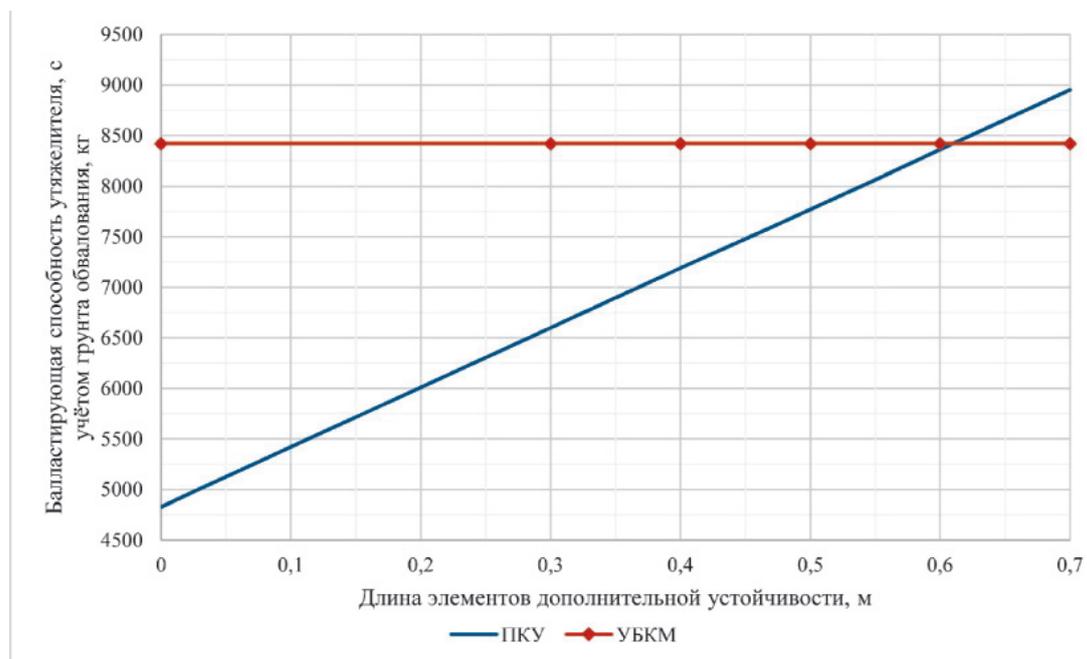


Рис. 8. Зависимость изменения балластирующей способности утяжелителя, заполненного торфом, от длины элементов дополнительной устойчивости с учетом грунта обвалования

## Список литературы

1. Батишев К.Э., Гретченко Д.А., Тарасенко А.А., Тарасенко М.А. Безопасность строительства и осуществление строительного контроля. Актуализация нормативных документов на 20 ноября 2014 года: учебное пособие // ТРО ООО «Ассоциация инженерного образования России». – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 296 с.
2. Вайнштот С.М., Новоселов В.В., Прохоров А.Д. и др. Трубопроводный транспорт нефти: учебник для вузов. – Т. 2. – М.: ООО «Недра-Бизнес-центр», 2004. – 621 с.
3. Иванов И.А. Геотехнические проблемы трубопроводного транспорта: учеб. пособие // С.Я. Кушнир, С.А. Пульников, И.А. Иванов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 209 с.
4. Карнаухов М.Ю. Разработка методики мониторинга пространственного положения магистрального газопровода в сложных геологических условиях: дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2013. – 162 с.
5. Курушина В.А. Развитие систем трубопроводного транспорта в ретроспективе и перспективе // Перспективное развитие науки, техники и технологий: материалы II-й Международной научно-практической конференции, в 2-х томах, Т. 1; Юго-Зап. гос. ун-т. – Курск, 2012. – С. 197–198.
6. Редутинский М.Н., Аксёнов А.В. Строительство противозерозионных сооружений магистральных трубопроводов с применением габионных сетчатых изделий // Проблемы эксплуатации систем транспорта: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию со дня основания Тюменского индустриального института им. Ленинского комсомола; ответ. ред. В.И. Бауэр. – 2008. – С. 264–266.
7. Редутинский М.Н., Соколов С.С., Шарков А.Е. Анализ взаимодействия средств балластировки и изоляции при продольных перемещениях трубопровода // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. Материалы международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 291–295.
8. Тарасенко А.А. Промышленная безопасность магистрального транспорта углеводородов: учебное пособие. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 540 с.
9. Тарасенко А.А., Пирожков В.Г., Иванцова С.Г. Использование программных комплексов для расчета нефтегазовых объектов: учебное пособие. – М., 2004.
10. Тарасенко А.А., Тимербулатов Г.Н., Забазнов А.И., Салюков В.В., Матросов В.И. Устройство для измерения деформаций растяжения и изгиба. Патент на изобретение RU 2047084 C1, 27.10.1995.
11. Яковлев А.Я., Шарыгин В.М., Тильков А.Н., Данилов Ю.А., Смирнов А.В. Балластировка газопроводов стеклопластиковыми грунтозаполняемыми контейнерами: преимущества и перспективы применения // Территория Нефтегаз. – 2012. – № 2. – С. 76–79.
- «Ассоциация инженерного образования России». Тюмень: ТГНГУ, 2014. 296 p.
2. Vajnshtok S.M., Novoselov V.V., Prohorov A.D. i dr. *Truboprovodnyj transport nefti. Uchebnik dlja vuzov. T. 2. M.: OOO «Nedra-Biznes-centr», 2004. 621 p.*
3. Ivanov I.A. *Geotekhnicheskie problemy truboprovodnogo transporta: ucheb. posobie // S.Ja. Kushnir, S.A. Pulnikov, I.A. Ivanov. Tyumen: TGNGU, 2011. 209 p.*
4. Karnauhov M.Ju. *Razrabotka metodiki monitoringa prostranstvennogo polozhenija magistralnogo gazoprovoda v slozhnyh geologicheskikh uslovijah: dis.... k-ta. tehn. nauk. Tyumen, 2013. 162 p.*
5. Kurushina V.A. *Razvitie sistem truboprovodnogo transporta v retrospektive i perspective // Perspektivnoe razvitie nauki, tehniki i tehnologij: materialy II-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, v 2-h tomah, Tom 1; Jugo-Zap. gos. un-t. Kursk, 2012, pp. 197–198.*
6. Redutinsky M.N., Aksjonov A.V. *Stroitelstvo protivozerozionnyh sooruzhenij magistralnyh truboprovodov s primeneniem gabionnyh setchatyh izdelij // V sbornike: Problemy jekspluatacii sistem transporta sbornik materialov vsersijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 45-letiju so dnja osnovanija Tjumenskogo industrialnogo instituta im. Leninskogo komsomola. Otvetstvennyj redaktor V.I. Baujer. 2008. pp. 264–266.*
7. Redutinsky M.N., Sokolov S.S., Sharkov A.E. *Analiz vzaimodejstija sredstv ballastirovki i izoljacii pri prodolnyh peremeshhenijah truboprovoda // V sbornike: Nazemnyj transportno-tehnologicheskie komplekisy sredstva. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii. 2015. pp. 291–295.*
8. *Tarasenko A.A. Promyshlennaja bezopasnost magistralnogo transporta uglevodorodov: uchebnoe posobie. Tyumen: TGNGU, 2014. 540 p.*
9. *Tarasenko A.A., Pirozhkov V.G., Ivancova S.G. Ispolovanie programnyh kompleksov dlja rascheta neftegazovyh obektov: uchebnoe posobie. Moskva, 2004.*
10. *Tarasenko A.A., Timerbulatov G.N., Zabaznov A.I., Saljukov V.V., Matrosov V.I. Ustrojstvo dlja izmerenija deformacij rastjazhenija i izgiba. Patent na izobrenie RU 2047084 C1, 27.10.1995.*
11. *Jakovlev A.Ja., Sharygin V.M., Tilkov A.N., Danilov Ju.A., Smirnov A.V. Ballastirovka gazoprovodov stekloplastikovymi gruntozapolnjaemyimi kontejnerami: preimushhestva i perspektivy primenenija // TerritorijaNeftegaz. 2012. no. 2. pp. 76–79.*

## References

1. Batishev K.Je., Gretchenko D.A., Tarasenko A.A., Tarasenko M.A. *Bezopasnost stroitelstva i osushhestvlenie stroitel'nogo kontrolja. Aktualizacija normativnyh dokumentov na 20 nojabrja 2014 goda: uchebnoe posobie // TRO OOO*

## Рецензенты:

Соколов С.М., д.т.н., профессор кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;  
Мерданов Ш.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Транспортные и технологические системы», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

УДК 621.501.14

**ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ РЕЗОНАНСНЫЙ ИНВЕРТОР****Абрамова Е.С., Михеенко А.М., Гусельников А.С., Павлов И.И.***ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»,  
Новосибирск, e-mail: evgenka\_252@mail.ru*

С появлением современной твердотельной электроники нашли применение схемы резонансных инверторов ВЧ, получившие название усилителей класса D. Приводятся результаты анализа частотной зависимости основных энергетических показателей ключевого усилителя с параллельным контуром. Определена граничная частота эффективного усиления мощности. Ключевой усилитель с параллельным контуром по существу представляет собой разновидность схемы инвертора, применяемого в силовой преобразовательной технике. Главное его достоинство – высокий КПД, достигающий 90–95%. Большинство из усилителей являются резонансными, т.е. способны работать на фиксированной частоте. При переходе на другую частоту требуется перестройка и новый подбор оптимального режима. На практике это приводит к тому, что усложняется схема передатчика, требуются органы перестройки и соответственно снижается надежность. Кроме того, необходимость перестройки приводит к увеличению времени перехода с одной частоты на другую. Предлагаемый ниже анализ рассматриваемой схемы позволяет сделать выводы о допустимых пределах расстройки колебательной системы для приемлемых значений энергетических показателей усилителя.

**Ключевые слова:** параллельный резонансный инвертор, энергетические показатели усилителя, КПД**PARALLEL RESONANCE INVERTER****Abramova E.S., Mikheenko A.M., Guselnikov A.S., Pavlov I.I.***Siberian State University of Telecommunications and Informatics Sciences,  
Novosibirsk, e-mail: evgenka\_252@mail.ru*

With the advent of modern solid-state electronics have been applied circuits resonant inverter HF, known amplifiers Class D. The results of the analysis of the frequency dependence of the main key energy indicators amplifier with parallel circuit. Determined cut-off frequency effective power amplification. Key amplifier with a parallel circuit is essentially a kind of inverter circuits used in power converters. Its main advantage – high efficiency, reaching 90–95%. Most amplifiers are resonance, i.e., capable of operating at a fixed frequency. When switching to a different frequency requires restructuring and a new selection of the optimum mode. In practice, this leads to the fact that the transmitter circuit is complicated, requires adjustment bodies and accordingly decreases reliability. Besides the need for adjustment increases the transition time from one frequency to another. The proposed following analysis of this scheme allows to make conclusions about the permissible range of detuning of the oscillating system of acceptable values for the energy performance of the amplifier.

**Keywords:** parallel resonant inverter, energy performance of the amplifier, efficiency

Упрощенная схема параллельного резонансного инвертора представлена на рис. 1, а. На схеме показаны паразитные емкости активного элемента (АЭ) ( $C_1$ ) и собственная емкость дросселя ( $C_2$ ), которые должны быть учтены при анализе усилителя на высоких частотах. Для упрощения задачи предположим, что цепь возбуждения, независимо от рабочей частоты, обеспечивает прямоугольную форму управляющих импульсов, а АЭ в открытом состоянии имеет минимальное сопротивление  $R = 1/S_{кр} = r_{нас}$ .

При выполнении этих условий исследуемый усилитель можно представить эквивалентной схемой, показанной на рис. 1, б. Нагрузочный колебательный контур здесь представлен двумя усилителями напряжения

$$u_k = U_k \sin(\omega t + \varphi). \quad (1) \quad \text{где}$$

Такое представление, разумеется, справедливо лишь для контура с высокой добротностью.

Предположим что сопротивление «ключей» меняется согласно (2) и (3).

$$Z_1 = \frac{2R}{1 - Sq\omega t}; \quad (2)$$

$$Z_2 = \frac{2R}{1 + Sq\omega t}. \quad (3)$$

Тогда эквивалентную схему усилителя можно описать линейным неоднородным дифференциальным уравнением следующего вида:

$$\frac{d^2 u_L}{dt^2} + \frac{1}{CR} \frac{du_L}{dt} + \frac{1}{CL} u_L = -\frac{1}{CR} F(\omega t). \quad (4)$$

$$F(\omega t) = \frac{d(u_k Sq\omega t)}{dt} = \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2n\omega \cos \varphi \cdot \sin 2n\omega t + (2n)^2 \omega \sin \varphi \cdot \cos 2n\omega t}{(2n)^2 - 1}; \quad C = 2C_0 + C_1. \quad (5)$$

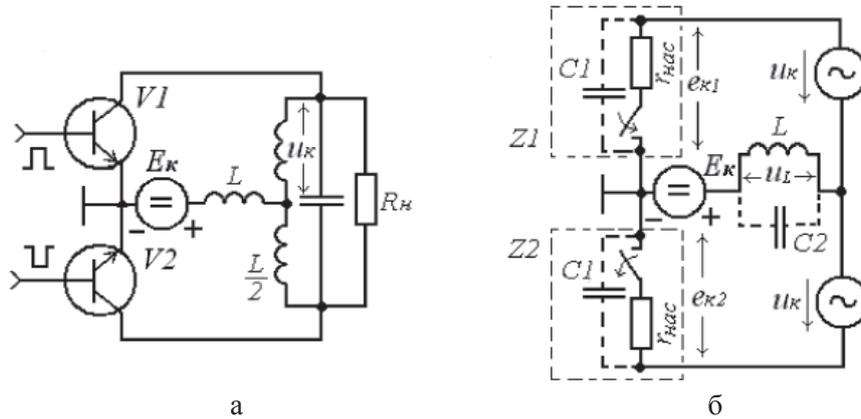


Рис. 1. Параллельный резонансный инвертор и его эквивалентная схема

Решение (4) в установившемся режиме имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 u_L = u_{\kappa} \frac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2} & \left\{ \frac{2 \frac{p_1}{\omega} e^{\frac{p_1 \omega t}{\omega}}}{\left(1 - e^{\frac{p_1 \pi}{\omega}}\right) \left[1 + \left(\frac{p_1}{\omega}\right)^2\right]} \left(\cos \varphi + \frac{p_1}{\omega} \sin \varphi\right) - \right. \\
 & - \frac{2 \frac{p_2}{\omega} e^{\frac{p_2 \omega t}{\omega}}}{\left(1 - e^{\frac{p_2 \pi}{\omega}}\right) \left[1 + \left(\frac{p_2}{\omega}\right)^2\right]} \left(\cos \varphi + \frac{p_2}{\omega} \sin \varphi\right) + \\
 & + \left[ \frac{\cos \varphi + \frac{p_1}{\omega} \sin \varphi}{1 + \left(\frac{p_1}{\omega}\right)^2} - \frac{\cos \varphi + \frac{p_2}{\omega} \sin \varphi}{1 + \left(\frac{p_2}{\omega}\right)^2} \right] \sin \omega t + \\
 & \left. + \left[ \frac{\sin \varphi - \frac{p_1}{\omega} \cos \varphi}{1 + \left(\frac{p_1}{\omega}\right)^2} - \frac{\sin \varphi - \frac{p_2}{\omega} \cos \varphi}{1 + \left(\frac{p_2}{\omega}\right)^2} \right] \cos \omega t \right\}, \quad (6)
 \end{aligned}$$

где  $p_1, p_2$  – корни характеристического уравнения (4)

$$p_1, p_2 = -\frac{1}{2RC} \pm \sqrt{\frac{1}{(2RC)^2} - \frac{1}{LC}}. \quad (7)$$

В соответствии с эквивалентной схемой, напряжение на  $Z_1$

$$e_1 = E - u_L - u_{\kappa}. \quad (8)$$

**Энергетические показатели усилителя**

Используя (6) и (7), определим постоянную составляющую тока АЭ:

$$I_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \frac{e_1}{R} d\omega t = \frac{1}{R} \left( \frac{E}{2} - \frac{U_{\kappa}}{\pi} \cos \varphi \right). \quad (9)$$

При определении переменных составляющих тока АЭ следует учесть, что на повышенных частотах между напряжением возбуждения и первой гармоникой может появиться фазовый сдвиг ( $\varphi_1$ ), обусловленный искажением формы импульса тока АЭ. В связи с этим будем искать первую гармонику в следующем виде:

$$I = \sqrt{I_{1c}^2 + I_{1s}^2} = \frac{I_{1s}}{\cos \varphi_1}, \quad (10)$$

где  $I_{1s} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{e_1}{R} \sin \omega t d\omega t;$

$$I_{1c} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{e_1}{R} \cos \omega t d\omega t; \quad \varphi_1 = \arctg \frac{I_{1c}}{I_{1s}}.$$

В дальнейшем будем полагать, что в рассматриваемом режиме контур усилителя настроен в резонанс, т.е.  $\varphi_1 = \varphi$ .

Тогда, вычислив интегралы (10), получим

$$I_{1c} = \frac{U_k \cos \varphi (p_1 + p_2)}{R(p_1 - p_2)} \left\{ \left( \frac{p_1}{\omega} \right) A(p_1) - \left( \frac{p_2}{\omega} \right) A(p_2) + [B(p_1) - B(p_2)] \operatorname{tg} \varphi \right\}; \quad (11)$$

$$I_{1s} = \frac{2E}{\pi R} - \frac{U_k \cos \varphi (p_1 + p_2)}{R(p_1 - p_2)} \left\{ A(p_1) - A(p_2) + \left[ A(p_1) \left( \frac{p_1}{\omega} \right) - A(p_2) \left( \frac{p_2}{\omega} \right) \right] \operatorname{tg} \varphi \right\} - \frac{U_k}{2R}, \quad (12)$$

где

$$A(p) = \frac{2 \frac{p}{\omega} \left( 1 + e^{\frac{p\pi}{\omega}} \right)}{\pi \left( 1 - e^{\frac{p\pi}{\omega}} \right) \left[ 1 + \left( \frac{p}{\omega} \right)^2 \right]^2} + \frac{1}{2 \left[ 1 + \left( \frac{p}{\omega} \right)^2 \right]};$$

$$B(p) = \frac{2 \left( \frac{p}{\omega} \right)^3 \left( 1 + e^{\frac{p\pi}{\omega}} \right)}{\pi \left( 1 - e^{\frac{p\pi}{\omega}} \right) \left[ 1 + \left( \frac{p}{\omega} \right)^2 \right]^2} + \frac{1}{2 \left[ 1 + \left( \frac{p}{\omega} \right)^2 \right]}. \quad (13)$$

При известном сопротивлении нагрузки для одного плеча усилителя ( $R_n$ ), с помощью (10)–(12), можно определить угол  $\varphi$ , соответствующий работе на настроенную нагрузку:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2} \left[ \left( \frac{p_1}{\omega} \right) A(p_1) - \left( \frac{p_2}{\omega} \right) A(p_2) \right]}{\frac{R}{R_n} - \frac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2} [B(p_1) - B(p_2)]}, \quad (14)$$

и КПД усилителя

$$\eta = \frac{\frac{4}{\pi^2} \frac{R}{R} (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)}{\left( \frac{R}{R} + x \right) \left( \frac{R}{R} + x - \frac{4}{\pi^2} \right)}, \quad (15)$$

$$\text{где } x = \frac{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}{2} + \frac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2} \left\{ A(p_1) - A(p_2) + \left[ A(p_1) \frac{p_1}{\omega} - A(p_2) \frac{p_2}{\omega} \right] \operatorname{tg} \varphi \right\}. \quad (16)$$

Выражения (14), (15), (16) позволяют по известным параметрам схемы усилителя  $\left( p_1, p_2, \frac{R_n}{R} \right)$  определить КПД на любой частоте. Максимальное значение КПД получается в случае выбора оптимального значения сопротивления нагрузки. К сожалению, исследование (15) на экстремум приводит к сложному трансцендентному уравнению для  $R_{n \text{ opt}}$ . Сравнительно простые аналитические выражения удается получить лишь в тех случаях, когда  $\frac{R}{R_{n \text{ opt}}}$  мало и слабо влияет на величину  $\operatorname{tg} \varphi$ . В этих случаях можно положить в (14)  $\frac{R}{R_n} \approx 0$  и, следовательно,  $\operatorname{tg} \varphi$  и  $x$  оказываются независимы от  $R_n$ .

Исследуя (15) на экстремум, для указанного частотного случая, найдем

$$\left( \frac{R}{R_n} \right)_{\text{opt}} = \sqrt{x \left( x - \frac{4}{\pi^2} \right)}; \quad (17)$$

$$\eta_{\text{max}} = \frac{\frac{4}{\pi^2} x (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi)}{\left[ x + \sqrt{x \left( x - \frac{4}{\pi^2} \right)} \right]^2}. \quad (18)$$

Практически выражения (17) и (18) можно использовать для  $p_1 > -1,5$  и  $p_2 < -5,0$ . Однако для детального исследования частотной зависимости к.п.д. усилителя приходится анализировать режимы работы с большими фазовыми сдвигами ( $\varphi > 15^\circ$ ). В этом случае необходимо пользоваться

точными соотношениями (14)–(16) и численными методами решения уравнений.

Построены кривые равных уровней КПД при оптимальной величине  $R_n$ , которые представлены на рис. 2.

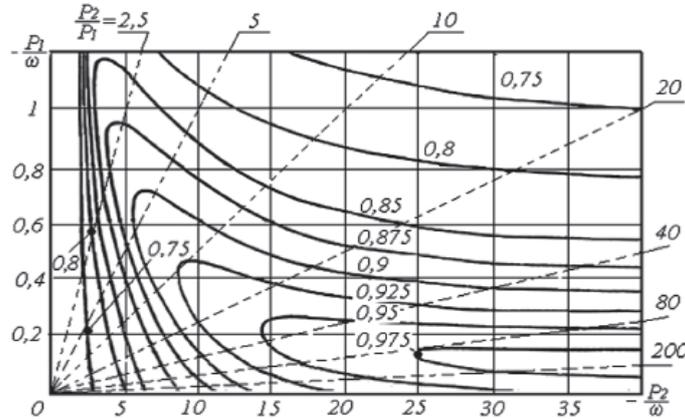


Рис. 2. Номограмма для определения КПД инвертора при оптимальном значении сопротивления нагрузки

Таким образом, КПД инвертора можно представить некоторой поверхностью. Сечения этой поверхности плоскостями, проходящими через начало координат и ось, перпендикулярную к плоскости рисунка, образуют семейство частотных характеристик

$$\eta = f_n(\omega). \quad (19)$$

Действительно, каждой секущей плоскости соответствует определенное отношение  $\frac{P_1}{P_2}$  (или, иначе, определенные значения  $R, L, C_1, C_2$ ), поэтому положение точки исследуемой поверхности, лежащей в секущей плоскости, полностью определяется частотой усилителя.

Приведен ряд частотных характеристик для некоторых значений отношения  $\frac{P_2}{P_1}$  представленных на рис. 3.

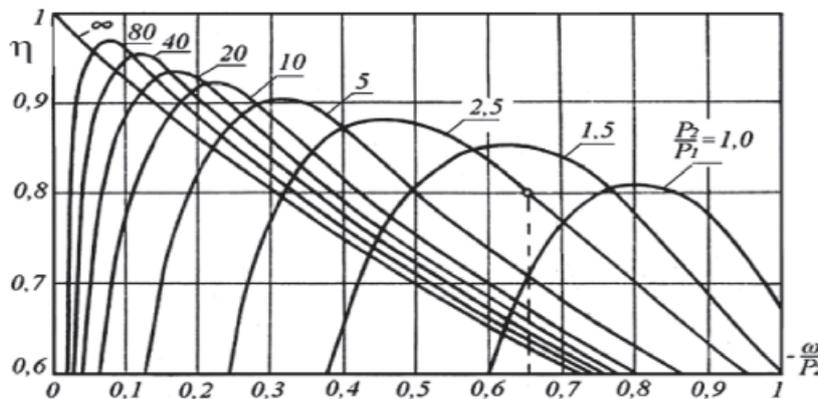


Рис. 3. Зависимости КПД инвертора от частоты

Анализируя полученные характеристики, можно сделать следующие выводы:

1. Для повышения рабочей частоты инвертора необходимо уменьшать отношение  $\frac{P_2}{P_1}$ , что в первом приближении эквивалентно уменьшению индуктивности дросселя  $\left( \frac{P_2}{P_1} \approx \frac{L}{R^2 C} \right)$ . Однако при этом следует

иметь в виду, что одновременно сокращается относительная полоса частот эффективных режимов усилителя. В результате инверторный режим усилителя при работе на высоких частотах в какой-то степени подобен бигармоническому режиму [4].

2. Перемещение рабочего диапазона в область высоких частот приводит к уменьшению максимума частотной зависимости КПД.

Чтобы найти предельную частоту эффективной работы инвертора, необходимо задать: во-первых, коэффициент перекрытия диапазона частот ( $\sigma$ ), в пределах которого эффективность усилителя не падает ниже определенной величины; во-вторых, минимальное значение КПД, которое должно быть обеспечено в пределах установленного диапазона. В дальнейшем для определенности принимается  $\sigma = 2$ ;  $\eta_{\min} = 0,8$ .

Обращаясь к частотным характеристикам, теперь нетрудно установить, что заданным условиям удовлетворяет характеристика, для которой

$$\frac{P_2}{P_1} = 5. \quad (20)$$

По выбранной характеристике можно определить максимальную частоту эффективной работы усилителя

$$\frac{\omega_{\max}}{P_2} = 0,33. \quad (21)$$

Выражения (20) и (21) позволяют непосредственно связать  $\omega_{\max}$  с параметрами схемы. Для этого достаточно воспользоваться соотношениями (7)

$$\omega_{\max} = \frac{0,33 \frac{P_2}{P_1}}{\left(1 + \frac{P_2}{P_1}\right) RC}, \quad (22)$$

или с учетом (20)

$$f_{\max} = \frac{4,39 \cdot 10^4}{R(\text{Ом}) \cdot C(\text{пФ})} (\text{МГц}). \quad (23)$$

Из полученного выражения, на первый взгляд, следует, что  $f_{\max}$  не зависит от индуктивности дросселя. В действительности величина индуктивности дросселя должна быть вполне определенной, так как в противном случае не будут обеспечены исходные значения  $\gamma$  и  $\eta_{\min}$ . Необходимая индуктивность дросселя может быть найдена с помощью (7), (20) и (21):

$$L = 7,2R^2C. \quad (24)$$

По существу, индуктивность дросселя входит в постоянный коэффициент выражения (23), который остается постоянным только при выборе  $L$  в соответствии с (24).

Заметим, что максимальная частота в (23), в сущности, отражает лишь потенциальные возможности параллельного инвертора. Реализовать эти возможности на практике, по-видимому, будет трудно, так как с ростом рабочей частоты усилителя задача формирования напряжения возбуждения прямоугольной формы существенно усложняется. Кроме того, при использовании колебательной системы с низкой добротностью

в нагруженном состоянии существенное влияние на величину КПД инвертора могут оказать высшие гармоники. Наконец, не всегда могут быть практически осуществимы оптимальные значения эквивалентного сопротивления нагрузки ( $R_{\text{н opt}}$ ).

### Выводы

1. При оптимальном выборе параметров нагрузочной цепи существенно расширяется полоса рабочих частот без перестройки колебательной системы.

2. Пиковое напряжение на коллекторе будет превышать примерно в 3,5 раза напряжение источника питания.

3. Параллельный резонансный инвертор способен работать на частотах на порядок выше, чем последовательный резонансный инвертор [1].

4. Перемещение рабочего диапазона в область высоких частот приводит к уменьшению максимума частотной зависимости КПД.

### Список литературы

1. Абрамова Е.С. Исследование схем резонансных усилителей высокой частоты в режиме класса D. // Современные проблемы науки и образования: научный журнал. – 2014. – № 6.
2. Громорушкин В.Н. Повышение КПД ключевых усилителей мощности // Широкополосные радиотехнические цепи и устройства ВЧ и СВЧ: межвузовский сборник научных трудов. – Новосибирск: НЭТИ, 1987. – С. 60–63.
3. Дегтярь Г.А. Устройства генерирования и формирования сигналов: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 998 с.
4. Фомичев И.Н. Новый способ повышения КПД и увеличение мощности передатчиков. // Электросвязь: научный журнал. – М., 1938. – № 6. – С. 55–66.
5. Радиопередающие устройства: учебник для вузов / В.В. Шахгильдян и др.; под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2003. – 596 с.

### References

1. Abramova E.S. Issledovanie shem rezonansnykh usilitelej vysokoy chastoty v rezhime klassa D. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya: nauchnyy zhurnal. 2014. no. 6.
2. Gromorushkin V.N. Povyshenie KPD kljuchevykh usilitelej moshhnosti Shirokopolosnye radiotekhnicheskie cepi i ustrojstva VCh i SVCh. Mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov. Novosibirsk: NJeTI, 1987. pp. 60–63.
3. Degtjar G.A. Ustrojstva generirovaniya i formirovaniya signalov: ucheb. posobie. Izd-vo NGTU, 2007. 998 p.
4. Fomichev I.N. Novyj sposob povysheniya KPD i uvelichenie moshhnosti peredatchikov. Jelektrosvjaz: nauchnyy zhurnal. Moskva, 1938. no. 6. pp. 55–66.
5. Radiopredajushhie ustrojstva: uchebnik dlja vuzov. V.V. Shahgildjan i dr.; Pod red. V.V. Shahgildjana. M.: Radio i svjaz, 2003. 596 p.

### Рецензенты:

Пальчун Ю.А., д.т.н., профессор, ученый секретарь, Сибирский государственный научно-исследовательский ордена Трудового Красного Знамени институт метрологии, г. Новосибирск;

Сединин В.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования», ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Новосибирск.

УДК 65.011.56

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТКАЗОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИМИ АГРЕГАТАМИ НА ОСНОВЕ ИНДЕКСА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И СТЕПЕНИ РИСКА

Гаврилюк Е.А., Манцеров С.А., Панов А.Ю.

ГОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,  
Нижегород, e-mail: nntu@nntu.nnov.ru

В работе рассматривается проблема оценки и прогнозирования технического состояния оборудования на примере систем автоматического управления (САУ) газоперекачивающими агрегатами (ГПА). Актуальность проблемы вызвана повышением за последние годы уровня требований к надёжности объектов транспорта газа, в частности САУ ГПА, и старением производственно-технологического комплекса газотранспортных систем. Стабильность всей газотранспортной системы во многом зависит от надёжности и безопасности работы газоперекачивающего оборудования и систем их управления. ГПА является ключевым элементом всей газотранспортной системы, поэтому роль управления, диагностирования, контроля и защиты ГПА возложена на САУ. В связи с многообразием факторов, влияющих на техническое состояние САУ ГПА, в качестве комплексного показателя применяется индекс технического состояния (ИТС). В данной работе предложен подход к прогнозированию внезапного отказа оборудования с учётом степени риска как дополнительного фактора оценки и прогнозирования технического состояния оборудования. Проводится оценка технического состояния, основанная на системе показателей, конфигурация которой связана со структурой оборудования. Предложен метод определения показателя риска.

**Ключевые слова:** индекс технического состояния (ИТС), оценка технического состояния, прогнозирование, система автоматического управления, степень риска

## THE FAILURE PREDICTION OF AUTOMATIC GAS-COMPRESSOR UNIT CONTROL SYSTEMS ON BASIS OF TECHNICAL STATE INDEX AND MEASURE OF RISK

Gavrilyuk E.A., Mantserov S.A., Panov A.Y.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,  
Nizhni Novgorod, e-mail: nntu@nntu.nnov.ru

The problem of equipment technical state evaluation and prediction by example automatic gas-compressor unit control systems is concerned here. The urgency of the problem is caused by the increase in recent years in the level of requirements to reliability of gas transportation facilities, in particular SAU HPA, and aging the production and technological complex of gas transmission systems. The stability of the entire transmission system depends largely on the reliability and safety of operation of gas-compressor equipment and their control systems. HPA is a key element of the whole transmission system, therefore, the role of the management, diagnosis, control and protection of the HPA assigned to ACS. In connection with the diversity of factors influencing the technical condition of the SAU HPA, as an integrated indicator is a technical condition index (CVI). In this paper we suggest an approach to the prediction of sudden equipment failure, with consideration of risk as an additional factor in the evaluation and prediction of technical state of equipment. Assessment of technical condition, based on the scorecard, the configuration of which is connected with the structure of the equipment. The method of determining the measure of risk.

**Keywords:** technical state index (TSI), technical state evaluation, gas-compressor unit, technical state prediction, automatic control systems, measure of risk

В настоящее время в России осуществляется переход от регистрации свершившегося факта к использованию инженерных методов предварительного анализа и исследования объектов повышенного риска с целью предупреждения аварий. Интенсивно ведутся работы в сфере обеспечения безопасности эксплуатации технических систем, разрабатываются методики, направленные на определение надёжности технических систем, оценку риска, совершенствуется законодательная и нормативная база.

Актуальность задачи надёжности вызвана как ростом сложности производства с применением новых технологий, так и крупными структурными изменения-

ми в экономике страны, которые привели к сбою в сфере финансирования, высоким прогрессирующим уровням износа и старения основных фондов, падению технологической и производственной дисциплины и снижению квалификации персонала, переносам сроков ремонта и замены оборудования, упрощению регламентного обслуживания.

В последние годы проводятся специальные исследования по оценке риска и безопасности производств. Широкомасштабная оценка безопасности предприятий промышленности проводится с целью дополнения существующего подхода и установления более обоснованных критериев [6].

Единая система газоснабжения (ЕСГ) России является уникальной по масштабам производственных мощностей, организационной структуре, природно-климатическим условиям функционирования, технологической специфике и другим показателям. Именно масштабы ЕСГ и её первостепенная роль в энергетике и экономике определяют исключительную значимость проблемы её надёжности.

ГПА является ключевым элементом всей газотранспортной системы, поэтому роль управления, диагностирования, контроля и защиты ГПА возложена на систему автоматического управления (САУ). Стабильность всей газотранспортной системы (ГТС) во многом зависит от надёжности и безопасности работы газоперекачивающего оборудования и систем их управления.

Ввиду огромного числа ГПА и САУ ГПА в составе ГТС страны, развитием конкурсной программы по модернизации и замене оборудования при ограниченных ресурсах, актуальность задачи оценки и прогнозирования технического состояния объектов ГТС не поддаётся сравнению.

В технической диагностике прогнозирование технического состояния объекта заключается в оценке его возможного состояния на некоторый определенный момент времени в будущем на основании известной информации об изменениях, происходивших в прошлом, и результатов определения фактического состояния в настоящий момент времени [7].

Изменение технического состояния определяется характером изменения свойств объекта в связи с постоянно протекающими процессами внутренних деградиционных изменений и физико-химических превращений под влиянием воздействий внешней среды и режимов использования. При этом наблюдается непрерывное или дискретное изменение признаков, характеризующих эти свойства, что приводит к перемещению вектора состояния объекта в области работоспособных состояний  $S_1$  к ее границе по некоторой траектории. Задача прогнозирования в общем случае заключается в предсказании вида такой траектории. Воздействия, прикладываемые к объекту, можно разделить на три категории: неизменные по величине или характеру, изменяющиеся известным образом, изменяющиеся случайным образом. При этом характер изменения свойств, а соответственно и состояние объекта во времени, может быть описан зависимостью [7]:

$$F(Z, t) = A(Z, t) + X(Z, t),$$

где  $A(Z, t)$ ;  $X(Z, t)$  – соответственно детерминированная и случайная составляющие процесса.

Если степень влияния второй составляющей в выражении незначительна, процесс изменения состояния объекта описывают как детерминированный, в противном случае его необходимо рассматривать как случайный. Выбор того или иного подхода производится по результатам анализа внешних условий и режимов использования объекта.

Таким образом объясняется использование в техническом прогнозировании двух принципов – детерминированного (аналитического) и вероятностного. В первом случае результатом прогноза являются непосредственные значения искомых параметров, во втором – их вероятностные оценки [7].

Для решения задачи прогнозирования время использования объекта разделяют на два интервала:  $T_1$  – интервал наблюдения за состоянием объекта (в прошлом и настоящем) и  $T_2$  – интервал, на котором осуществляется прогнозирование (в будущем). Чем больше интервал  $T_1$ , тем больше объем информации о характере процесса изменения состояния объекта и тем достовернее прогноз. Однако увеличение интервала наблюдения приводит к увеличению затрат, связанных с экспериментальными исследованиями и обработкой результатов диагностирования. Достоверность прогноза также зависит от заданного момента времени в области  $T_2$  [7].

При решении задачи детерминированного прогнозирования в прямой постановке искомыми характеристиками являются значения диагностических параметров. Поскольку получение аналитических зависимостей и формирование классов при большом числе диагностических параметров связано со значительными сложностями, для прогнозирования устанавливают их минимум из условия обеспечения требуемой достоверности прогноза. На практике используют обычно один диагностический параметр – определяющий или обобщенный (как, например, индекс технического состояния). Если не удастся установить один определяющий диагностический признак для объекта в целом, прогнозирование проводят по его элементам, всем или наиболее ответственным. В этом случае работоспособность объекта в области  $T_2$  оценивается по наихудшему из полученных результатов.

Задача вероятностного прогнозирования сводится к оценке показателей надежности объекта в заданные моменты времени области  $T_2$ . При этом процедура прогнозирования и достоверность получаемых результатов в большой степени определяются объемом исходной информации о надежности объекта и его элементов. Наиболее универсальным является метод прогнозирования, основанный на контроле диагностических параметров.

При случайном характере изменения состояния объекта и, следовательно, его диагностических параметров вероятностный прогноз может быть рассчитан лишь по результатам наблюдений за группой одинаковых объектов, работающих в одинаковых или схожих условиях. В основе расчета лежит то обстоятельство, что характеристики положения случайного процесса представляют собой неслучайные функции времени.

Таким образом, прогнозирование проводится в два этапа. На первом этапе рассчитывается прогноз для математического ожидания и дисперсии определяющего диагностического признака на заданный момент времени в области  $T_2$ . На втором этапе по этим значениям рассчитывается вероятность безотказной работы, или вероятность отказа объекта.

Если при вероятностном прогнозировании не удается установить один определяющий диагностический параметр для объекта в целом, прогнозирование проводят по его элементам. В этом случае показатели надежности объекта в области  $T_2$  рассчиты-

формируется единая база данных для оценки, которая учитывает влияние разнородных параметров и различных структурных единиц на оборудование в целом. Количественной оценкой технического состояния оборудования является безразмерная числовая величина, которая называется ИТС и получается в результате выполнения определенного алгоритма [1]. Величина ИТС характеризует состояние объекта с точки зрения соответствия его параметров нормативным значениям с учетом значимости (веса) каждого параметра.

Параметром является паспортная характеристика оборудования или характеристика, получаемая в результате диагностики или осмотра оборудования. Для того чтобы получить безразмерный ИТС, количественные и качественные значения параметров переводятся в целочисленные дискретные значения, которые отражают степень соответствия параметра его номиналу.

Оценка технического состояния оборудования включает в себя несколько этапов, представленных в виде схемы (рис. 1).



Рис. 1. Этапы оценки технического состояния

ваются в зависимости от вида структурной логической схемы объекта.

Предлагается подход к определению степени риска отказа оборудования, позволяющий с наибольшей достоверностью оценивать и прогнозировать техническое состояние объекта. Данный подход является своего рода продолжением к методике оценки технического состояния объекта с помощью индекса технического состояния (ИТС) [1].

Оценка технического состояния основывается на системе показателей, конфигурация которой связана со структурой оборудования. На основе данной информации

В работе [1] в качестве шкалы для ИТС предложена 100-балльная шкала, где 100 – наилучшее соответствие номиналу, 0 – наихудшее. В соответствии с этой шкалой определяется техническое состояние и, соответственно, её надежность, как элемента системы, так и системы в целом.

Все рассчитанные ИТС заносятся в общую базу данных для проведения анализа и разработки соответствующих мероприятий в зависимости от значения ИТС. После выполнения рекомендованных мероприятий продолжается мониторинг параметров и осуществляется перерасчет ИТС. Таким образом, согласно методике модель оценки

технического состояния постоянно корректируется и совершенствуется, позволяя рассчитывать ИТС с максимальной степенью достоверности.

Таким образом, ИТС – комплексная оценка, интегрирующая в своей совокупности влияние всех необходимых факторов. ИТС отслеживает текущее состояние элемента, то есть детерминированный процесс изменения состояния объекта. Однако с помощью ИТС нет возможности отследить внезапный отказ элемента (случайный процесс).

На рис. 1 за период 0–с ИТС изменился с  $a$  до  $b$  по некоторой кривой. Подобное изменение состояния достаточно легко диагностировать на практике, так как оно изменяется постепенно и закономерно. Однако это идеализированная ситуация, в корне отличающаяся от участка, где происходит внезапный мгновенный скачок ИТС с  $b$  до 0. Именно прогнозирование момента  $x(c; b)$  представляет наибольший интерес.

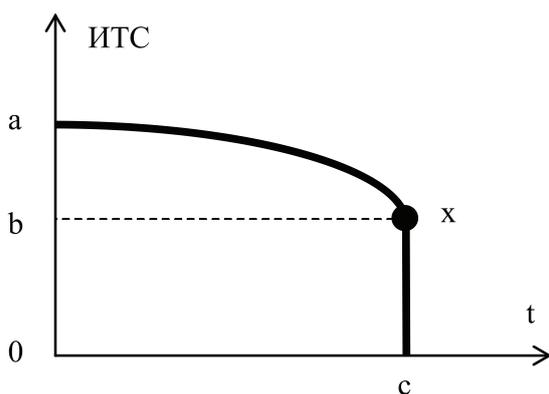


Рис. 2. Графическое пояснение

В настоящее время многие заводы-изготовители в качестве основной из технических характеристик дают наработку на отказ. Это опорная величина для прогнозирования отказов. Однако эта величина имеет идеализированную основу, так как используется общая статистика, не учитывающая конкретные условия эксплуатации объекта. Такой точности на практике попросту недостаточно для достоверного прогнозирования отказов оборудования. В качестве примеров таких условий можно выделить монтаж, климатические условия, вибрация, шумы, наводки электромагнитного поля и прочее. Даже от места, которое займёт данный элемент в общей системе, будет зависеть величина наработки на отказ.

Таким образом, если для одного случая (эксплуатация на производстве 1) на эле-

мент будет оказываться влияние множества условий  $A$ , то для другого случая (эксплуатация на производстве 2) на такой же элемент будет оказываться влияние множества условий  $B$ .

Для решения подобной проблемы (задача вероятностного прогнозирования) предлагается следующий подход. Необходимо на конкретном эксплуатирующем предприятии вести частную статистику отказов на протяжении всего жизненного цикла элемента для расчёта степени риска – вероятности наступления отказа. Таким образом, мы получим величину риска непосредственно для конкретного случая, тем самым максимально приблизив её к истинному значению. Следует отметить, что степень риска – величина постоянная, но для конкретных условий производства она различная. Следует отметить, что предложенный подход особенно приемлем для газотранспортной сферы в связи с большой протяжённостью и числом единиц унифицированного оборудования.

Под степенью риска следует понимать ожидаемую частоту или вероятность возникновения отказа оборудования. Применение понятия степень риска, таким образом, позволяет переводить опасность в разряд измеряемых величин. Степень риска фактически есть мера опасности. Следует отметить, что степень риска также является безразмерной величиной в границах от 0 до 100, что вносит дополнительное преимущество при совместном использовании с ИТС.

В результате комплексного использования двух представленных величин (ИТС и степень риска) для оценки и прогнозирования технического состояния объектов, будет обеспечена полная информационная поддержка принятия решений, направленных на сокращение числа отказов оборудования. На этой основе будет осуществляться планирование, учет выполнения работ и в целом выбор стратегии повышения надёжности.

#### Список литературы

1. Акимов В.А., Лапин В.Л., Попов В.М., Пучков В.А., Томаков В.И., Фалеев М.И. Надёжность технических систем и техногенный риск. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспрес», 2002. – 368 с.
2. Гаврилюк Е.А., Манцеров С.А., Синичкин С.Г. Комплексная оценка технического состояния систем автоматического управления газоперекачивающими агрегатами // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11. – С. 2141–2145.
3. Гаврилюк Е.А., Манцеров С.А., Синичкин С.Г. Методика оценки технического состояния систем автоматического управления газоперекачивающими агрегатами // Труды Нижегородского государственного технического университета

им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 5 (107), специальный выпуск. – С. 191–194.

4. Гуменюк В.М. Основы теории надежности и технической диагностики: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Инженерная школа ДВФУ. – Электрон. дан. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2013. – 183 с.

5. Манцеров С.А. Мониторинг состояния объектов на основе методов функциональной систематики // Современные проблемы механики и автоматизации в машиностроении и на транспорте: труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2008. – Т. 67. – С. 23–27.

6. Манцеров С.А. Создание баз данных объектов машиностроения на основе формул функциональной систематики // Вестник ВГТУ. – Воронеж, 2007. – Т. 3, № 11. – С. 171–176

7. Манцеров С.А., Панов А.Ю. Развитие систем единой функциональной систематики для хранения данных о техническом состоянии объекта // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – Н. Новгород, 2013. – № 6 (ч. 1). – С. 235–238.

### References

1. Akimov V.A., Lapin V.L., Popov V.M., Puchkov V.A., Tomakov V.I., Filaev M.I. Nadezhnost tekhnicheskikh system I tekhnogenyy risk, Moskva, 2002. 368 p.

2. Gavriilyuk E.A., Mantserov S.A., Sinichkin S.G Fundamentalnye issledovaniya., 2014, no. 11, pp. 2141–2145.

3. Gavriilyuk E.A., Mantserov S.A., Sinichkin S.G Trudy NGTU im. R.E.Alekseeva., 2014, no. 5 (107), pp. 191–194.

4. Gumenyuk V.M. Osnovi teorii nadezhnosti i tekhnicheskoi diagnostiki, Vladivostok: Dalnevost. federal. Univ., 2013. 183 p.

5. Mantserov S.A. Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva Sovremennye problem mekhaniki i avtomatizatsii v mashinostroenii i na transporte, 2008, vol. 67, pp. 23–27.

6. Mantserov S.A. Vestnik VGTU, 2007, vol. 3, no. 11, pp. 171–176.

7. Mantserov S.A., Panov A.U. Vestnik of the Nizhny Novgorod University. N.I. Lobachevsky, 2013, no. 6 (part 1), pp. 235–238.

### Рецензенты:

Иванов А.А., д.т.н., профессор кафедры «Автоматизация машиностроения», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

Кретинин О.В., д.т.н., профессор кафедры «Автоматизация машиностроения», Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.

УДК 532.546:536.421

**МОДЕЛЬ МИГРАЦИИ ПУЗЫРЬКОВ ГАЗА В КУПОЛЕ,  
НАПОЛНЕННОМ СОЛЯРКОЙ****Кильдибаева С.Р.***Стерлитамакский филиал, ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет»,  
Стерлитамак, e-mail: freya.13@mail.ru*

В статье рассматривается математическая модель купола-сепаратора, предназначенная для ликвидации разлива нефти при разработке месторождений в шельфе. Тема особенно актуальна в связи с растущим интересом к добыче сырья в шельфе. Установка купола происходит непосредственно над местом утечки углеводородов, в несколько этапов. На первом этапе рассматривается течение углеводородов в затопленной струе и определение теплофизических характеристик, которые используются в качестве начальных параметров для накопления углеводородов в куполе. Далее рассматривается миграция капель нефти и пузырьков газа в куполе. Купол заполнен дизельным топливом (соляркой) для предотвращения накопления гидрата внутри. Накопление гидрата внутри купола важно исключить для его фиксации и стационарной работы. Определены характеристики струи, а также режимы накопления газа и нефти в куполе. Определено изменение температуры струи от вертикальной координаты и её влияние на температуру газовых пузырьков.

**Ключевые слова:** купол, разлив нефти в шельфе, затопленная струя, пузырек газа**MODEL MIGRATION OF GAS BUBBLES IN THE DOME,  
FILLED WITH DIESEL FUEL****Kildibaeva S.R.***Sterlitamak branch of Bashkir State University, Sterlitamak, e-mail: freya.13@mail.ru*

The article discusses a mathematical model of a dome-separator designed for the elimination of the oil spill in the development of deposits in the shelf. The topic is particularly relevant due to the growing interest in the extraction of raw materials in the shelf. Installation of the dome is directly above the leak of hydrocarbons in several stages. At the first stage deals with the hydrocarbons in a submerged jet and the determination of thermophysical characteristics, which are used as the initial parameters for the accumulation of hydrocarbons in the dome. The following section discusses the migration of oil droplets and gas bubbles in the dome. The dome is filled with diesel fuel (diesel fuel) to prevent the accumulation of hydrate inside. The accumulation of hydrate inside the dome it is important to exclude for its fixing and inpatient work. The characteristics of the jet, as well as the modes of accumulation of oil and gas in the dome. Determined the temperature variation of the jet from the vertical coordinate and its influence on the temperature of gas bubbles.

**Keywords:** dome, the oil spill in the shelf, submerged jet, a gas bubble

В связи с уменьшением запасов нефти на континенте увеличивается интерес исследователей к разработке месторождений в шельфовой зоне Мирового океана, которые практически нетронуты. Негативной стороной разработки таких месторождений являются неизбежные техногенные аварии, сопровождающиеся выбросами нефти и газа в океан. Последствия таких выбросов загрязняют экосистему региона. Как показал случай разлива в Мексиканском заливе, который произошел в апреле 2010 г., на данный момент отсутствует метод быстрого и качественного устранения утечки такого типа.

Среди предлагаемых методов разлива наиболее привлекательным для инженеров является установка купола непосредственно над местом утечки. При этом такой купол не только способен устранить утечку, но и накапливать внутри нефть и газ для дальнейшей откачки и эксплуатации месторождения в промышленных масштабах.

Пусть на дне океана существует источник углеводородов, из которого с определенным

объемным расходом вытекает смесь нефти и газа – метана. Будем полагать, что нефть и газ распространяются в виде затопленной струи, а сама струя представляет собой капли нефти, пузырьки газа и «вовлеченную» в струю окружающую воду. Допустим, что теплофизические параметры струи такие, что пузырьки газа на некоторой высоте  $h_1$  превращаются в частицы газового гидрата.

Для сбора нефти и газа под водой на источник углеводородов устанавливается купол, который представляет собой цилиндрическую емкость из полиуретана, снабженную трубками для откачки углеводородов, накапливающихся в куполе (рис. 1).

Как показала практика, помешать фиксации купола над местом утечки нефти и газа может накопление газовых гидратов внутри купола, как это случилось при аварии в Мексиканском заливе. Во избежание проникновения частиц гидрата внутрь купола, на поверхности в него закачивают дизельное топливо (солярку) и герметизируют, после чего опускают к месту утечки углеводородов.

### Постановка задачи

Будем полагать, что загерметизированный купол устанавливается над источником так, чтобы нижнее основание купола находилось на расстоянии  $h_2^*$  от источника углеводородов. В общем случае полагаем, что  $h_2^* > h_1^*$ . В этом положении нижнее основание купола омывает струя из капель нефти, гидратных частиц и воды, «вовлеченной» в струю. Далее происходит открытие нижнего основания купола специальным механизмом.

Процесс построения математической модели состоит из нескольких этапов. Сначала определим распределение температуры по высоте струи, чтобы знать высоту  $h_2^*$ , выше которой начинается гидратообразование в струе.

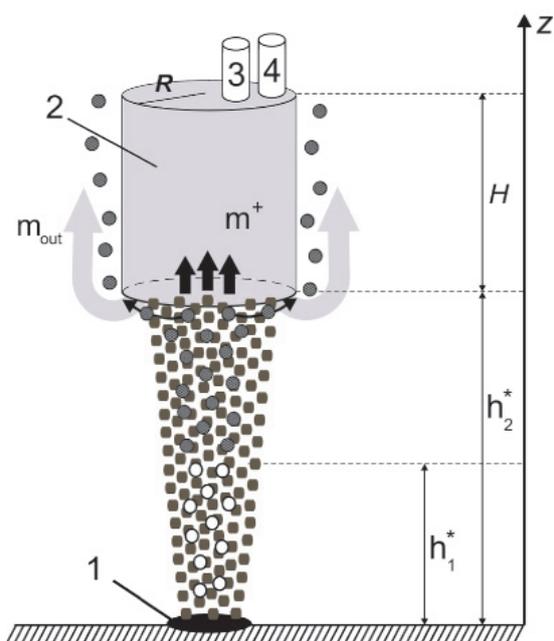


Рис. 1. Схема купола:

- 1 – источник истечения углеводородов;
- 2 – купол; 3 – трубка для откачки смеси;
- 4 – трубка для откачки газа;  $h_1^*$  – высота, на которой открывается нижнее основание купола;  $h_2^*$  – высота, выше которой пузырьки газа покрываются гидратной коркой;
- $H$  – общая высота купола;  $R$  – радиус купола;
- $m_{out}$  – массовый расход «вытесненной» смеси из купола;  $m^+$  – массовый расход «поступающей» нефти в купол

На этапе 1 купол зафиксирован на высоте  $h_2^*$ , открывается нижнее основание купола и внутрь начинают проникать капли нефти и смешиваться с дизелем. Этот этап продолжается до момента времени  $t_1$ . Далее, на втором этапе, купол начинает опускаться с некоторой постоянной скоростью, это продолжается, пока купол не достигнет

высоты  $h_2^*$ . Этап 2 продолжается с момента времени  $t_1$  до момента  $t_2$ . На 3 этапе купол фиксируется на высоте  $h_2^*$  и внутрь начинают проникать пузырьки газа, этап продолжается до тех пор, пока толщина слоя газа не достигнет  $h_g^1$  м, время завершения этапа  $t_3$ . На этапе 4 купол опускается до дна, где фиксируется. На последнем, 5 этапе, который начинается с момента времени  $t_4$ , рассматривается стационарная работа купола, подключаются трубки для откачки.

### Распределение температуры в струе

Поступающие из скважины нефть и газ мигрируют в виде затопленной струи. Определение их температуры и скорости от вертикальной координаты особенно важно, так как эти параметры используются в качестве начальных при их накоплении в куполе. Распределение температуры и скорости миграции струи подробно рассмотрено в работах [1, 2]. Зная начальную температуру вытекающих углеводородов  $T_0$  и температуру воды  $T_w$ , а также начальный объемный расход  $Q^e$ , согласно [5] определим температуру в любом сечении струи  $T_{jet}$ :

$$T_{jet} = T_w + (T_0 - T_w) \frac{Q^e}{Q}, \quad (1)$$

Согласно распределению температуры в струе, определяется высота  $h_1^*$ , на которой струя остывает до температуры гидратообразования. Выше этой высоты пузырьки метана газа начинают покрываться гидратной коркой, превращаясь в гидратную частицу.

До момента, пока нижнее основание купола не пройдет отметку  $h_2$ , отсчитываемую от дна, будем полагать, что внутрь купола, вытесняя смесь, будут проникать только капли нефти, а при дальнейшем движении купола внутрь начинают проникать и газовые пузырьки.

### Этапы работы купола-сепаратора

Этап 1 начинается с момента «открытия» нижнего основания купола  $t_{нач}$ , который до этого был загерметизирован. Запишем уравнение сохранения масс для смеси с учетом, что нефть, вытекающая из скважины, полностью попадает в купол и смешивается с дизелем, образуя смесь, которая в свою очередь «вытесняется» нефтью:

$$\frac{dM_m}{dt} = m_o^+ - m^{out}, \quad (2)$$

где  $m_o^+$  – массовый расход поступающей нефти;  $m^{out}$  – массовый расход «вытесняемой» смеси;  $M_m = V_t \cdot (k_o \rho_o + (1 - k_o) \rho_d)$  –

масса смеси;  $V_i$  – объем купола;  $k_o$  – концентрация нефти в смеси. Нижний индекс  $m$  соответствует параметрам смеси;  $o$  – для параметров нефти. Массовый расход поступающей в купол нефти определяется с учетом известного объемного расхода.

Уравнение сохранения энергии для смеси:

$$\frac{dQ_m}{dt} = c_o m^+ T_o - c_m m^{out} T_m - \pi R^2 q_{mw};$$

$$Q_m = c_m T_m M_m, \quad (3)$$

здесь  $c_o, c_m$  – теплоемкости нефти и смеси;  $q_{mw}$  – тепловой поток на границе между смесью и водой;  $T_m, M_m$  – температура и масса смеси.

Для определения теплового потока  $q_{mw}$  будем полагать, что струя углеводородов с вовлеченной водой натекает на неподвижное основание купола и, используя выражение для теплообмена при натекании струи на неподвижную стенку [4], получим

$$q_{mw} = \frac{\lambda_w}{\delta_{mw}} \text{Nu}_{mw} (T_m - T_w),$$

где  $\lambda_w$  – коэффициент теплопроводности воды;  $\delta_{mw} = 2R_2$ ;  $\text{Nu}_{mw}$  – число Нуссельта.

На втором этапе с момента времени  $t_2$  купол начинает опускаться с постоянной скоростью  $w_0$ . С учетом этого получим уравнение для нахождения изменения координаты нижнего основания купола  $z_n$ :

$$\frac{dz_n}{dt} = -w_0.$$

### Миграция газового пузырька в слое солярка

На этапе 3 нижнее основание купола достигает и фиксируется на высоте  $h_2^*$ , на этой высоте пузырьки газа ещё не покрываются гидратной коркой. Этап 3 начинается с момента времени  $t_3$ . С этого момента внутри купола начинают проникать пузырьки газа. Считаем, что газ не смешивается со смесью, а накапливается наверху. Этап 2 продолжается до тех пор, пока толщина слоя газа не станет равной  $h_g^1$ .

Уравнения сохранения для смеси и газа внутри купола запишутся в виде

$$\frac{dM_g}{dt} = m_g^+;$$

$$\frac{dM_m}{dt} = m_o^+ - m_{out}, \quad (4)$$

где  $m_g^+$  – массовый расход поступающего в купол газа;  $M_g$  – масса газа в куполе, нижний индекс  $g$  относится к газу.

$$\frac{dQ_m}{dt} = c_o m^+ T_o - c_m m^{out} T_m - \pi R^2 q_{mw} - N_g \alpha_m S_g^b (T_m - T_g^m); \quad Q_m = c_m T_m M_m, \quad (8)$$

Скорость всплытия для пузырька газа в куполе определяем из уравнения импульсов в безинерционном приближении:

$$\left( \frac{4}{3} \pi a_g^3 \rho_m - m_g^b \right) g - f = 0, \quad (5)$$

где  $a_g$  и  $m_g^b$  – радиус и масса пузырька газа;

$f = \frac{\xi \pi a_g^2 \rho_m (w_{gm})^2}{2}$  – сила гидродинамического сопротивления. Скорость пузырьков газа внутри купола:

$$w_g^m = w_{gm} - w_m,$$

где  $w_{gm}$  – относительная скорость пузырьков газа в смеси;  $w_m$  – скорость смеси. При условии, что купол зафиксирован и неподвижен  $w_g^m = w_{gm}$ . Для определения коэффициента гидравлического сопротивления  $\xi$  и числа Рейнольдса  $\text{Re}_{gm}$  для пузырька газа используем следующие выражения:

$$\xi = \frac{12}{\text{Re}_{gm}} \left( 1 + 0,0811 (\text{Re}_{gm})^{0,879} \right);$$

$$\text{Re}_{gm} = \frac{2a_g \rho_m w_{gm}}{\mu_m}. \quad (6)$$

Решая уравнение (5), с учетом (6) найдем скорость всплытия пузырька газа. При параметрах системы:  $\rho_g = 193 \text{ кг/м}^3$ ,  $a_g = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ , – скорость всплытия пузырька газа в смеси составляет  $w_g^m = 0,38 \text{ м/с}$ .

Запишем уравнение сохранения энергии для пузырька газа, попадающего в купол из струи, движущегося внутри купола:

$$\frac{dQ_g^m}{dt} = \alpha_g^m S_g^b (T_m - T_g^m); \quad Q_g^m = c_g m_g^b T_g^m, \quad (7)$$

где  $\alpha_g^m = \frac{\text{Nu}_g^m \cdot \lambda_m}{2a_g}$ ;  $S_g^b = 4\pi a_g^2$ ;

$$\text{Nu}_g^m = 2 + 0,6 \cdot (\text{Re}_g^m)^{0,5} \cdot (\text{Pr}_g^m)^{0,33};$$

$(\text{Pr}_g^m) = \frac{\nu_m}{\chi_m}$ ;  $S_g^b$  – площадь поверхности пузырька.

На рис. 2 представлена зависимость температуры пузырьков газа от вертикальной координаты  $z$ . График приведен для этапа 3, времени  $t_3$ . Начальной температурой пузырька является температура струи на высоте  $h_2^* = 2,4 \text{ м}$ . С увеличением вертикальной координаты  $z$  пузырьки газа нагреваются до температуры смеси.

Уравнение сохранения энергии для смеси (7) с учетом пузырьков газа примет вид

здесь  $N_g$  – количество пузырьков газа в слое смеси.

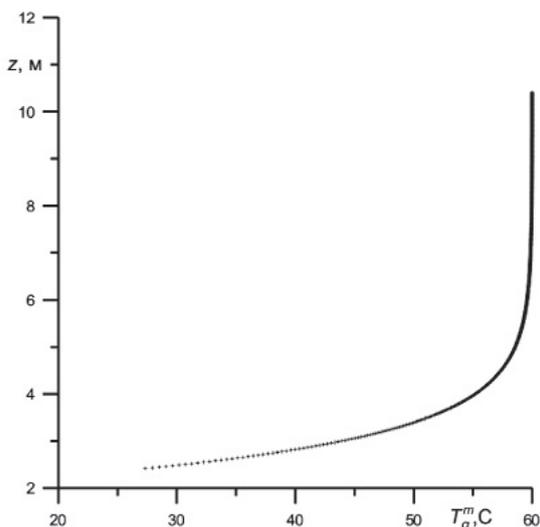


Рис. 2. Зависимость температуры пузырька газа от координаты  $z$

### Накопление слоя газа в куполе

При достижении пузырьков газа верхнего основания купола они начинают накапливаться, образуя слой. Уравнение сохранения энергии для слоя газа:

$$\frac{dQ_g}{dt} = c_g m_g^+ T_g + \pi R^2 q_{gm}; \quad Q_g = c_g T_g M_g. \quad (9)$$

С учетом теплообмена со слоем газа уравнение сохранения энергии для смеси примет вид

$$\begin{aligned} \frac{dQ_m}{dt} &= c_o m^+ T_o - c_m m^{out} T_m - \pi R^2 q_{mw} - \\ &- N_g \alpha_m S_g^b (T_m - T_g^m) - \pi R^2 q_{gm}; \\ Q_m &= c_m T_m M_m, \end{aligned} \quad (10)$$

где  $q_{gm}$  – тепловой поток от слоя газа к слою смеси, который определяется с использованием выражения для теплообмена полуограниченного тела согласно [3]:

$$q_{gm} = \alpha_{gm} (T_m - T_g) e^{\frac{H_{gm}^2 \lambda_g \tau_g}{2}} \left( 1 - \operatorname{erf} \left( H_{gm} \sqrt{\lambda_g \tau_g} \right) \right), \quad (11)$$

здесь  $\lambda_g$  – коэффициент теплопроводности для газа;  $H_{gm} = \frac{h_g}{2} + \frac{h_m}{2}$  – сумма полутолщин слоев газа и смеси;  $\tau_g$  – характерное время, отсчитываемое от начала накопления слоя газа;  $\alpha_{gm} = \lambda_g / H_{gm}$  – коэффициент теплообмена.

Введем координату раздела слоя газа и смеси  $z_{gm}$  с учетом объемного расхода газа:

$$\frac{dz_{gm}}{dt} = - \left( \frac{Q_g^e}{\pi R^2 (z_{gm})} \right). \quad (12)$$

### Выводы

В работе описана динамика многофазной затопленной струи, рассмотрен процесс установки купола, предназначенного для накопления газа и нефти, а также рассмотрена задача о миграции пузырьков газа в куполе. Установлено, что пузырек газа, попадающий в купол, наполненный смесью солянки и нефти, нагревается до температуры смеси.

Работа поддержана грантом СФ БашГУ В15-12.

### Список литературы

1. Гималтдинов И.К., Кильдибаева С.Р., Ахмадеева Р.З. Расчет теплофизических и кинетических параметров затопленной струи // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11 (часть 7). – С. 1323–1327.
2. Кильдибаева С.Р. Моделирование течения углеводородов в затопленной струе // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/120-15769> (дата обращения: 07.12.2014).
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высш. школа, 1966. – 600 с.
4. Юдаев Б.Н. Теплопередача: учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1973. – 360 с.
5. Lee J.H.W., Chu V.H. Turbulent jets and plumes: a Lagrangian approach. – Kluwer, 2003. – 390 p.

### References

1. Gimaltdinov I.K., Kildibayeva S.R., Akhmadeyeva R.Z. Raschet teplofizicheskikh i kineticheskikh parametrov zatoplennoy strui // *Fundamentalnyye issledovaniya*. no. 11 (chast 7) 2013, str. 1323–1327.
2. Kildibayeva S.R. Modelirovaniye techeniya uglevodorodov v zatoplennoy struye // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2014. no. 6; URL: <http://www.science-education.ru/120-15769> (data obrashcheniya: 07.12.2014).
3. Lykov A.V. Teoriya teploprovodnosti. M.:Vyssh. shkola, 1966 600 p.
4. Yudayev B.N. Teploperedacha. Uchebnik dlya vtuzov. M.: Vyssh. shkola, 1973, 360 p.
5. Lee J.H.W., Chu V.H. Turbulent jets and plumes: a Lagrangian approach. Kluwer, 2003. 390 p.

### Рецензенты:

Гималтдинов И.К., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Прикладная математика и механика», Стерлитамакский филиал, ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», г. Стерлитамак;  
 Биккулова Н.Н., д.ф.-м.н., профессор кафедры «Общая и теоретическая физика», Стерлитамакский филиал, ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», г. Стерлитамак.

УДК 692.47

**ВЫВОД УРАВНЕНИЯ МЕРИДИАНА КРУГОВОГО ТЕНТОВОГО ШАТРА****Кудрявцева В.И., Удлер Е.М.***ГОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»,  
Казань, e-mail: udler41@mail.ru*

Статья посвящена исследованию в области расчета и проектирования одного из видов тентовых сооружений, изготавливаемых из пленочно-тканевых материалов. Рассматривается форма подвешенной в центре гибкой оболочки, геометрия поверхности которой образуется провисанием под собственным весом и равномерным натяжением на круглом опорном контуре. Приводится расчетная схема и дифференциальные уравнения равновесия оболочки при одноосном напряженном состоянии. В связи со сложностью получения точного решения уравнений сделано допущение о равномерном распределении сил тяжести оболочки по описанной конической поверхности. Приведены расчеты влияния принятого допущения на кривизну образующей. Получено решение, показывающее, что образующая представляет собой кубическую параболу. Конкретная форма параболы определяется учитывающим как физические характеристики оболочки, вес и натяжение, так и геометрические, высоту подвеса и диаметр опорного контура.

**Ключевые слова:** тентовые шатровые сооружения, мягкие оболочки, плоское напряженное состояние, статическая форма поверхности

**DERIVATION OF THE EQUATION OF A CIRCULAR TENT'S MERIDIAN****Kudryavtseva V.I., Udler E.M.***Kazan State University of architecture and building, Kazan, e-mail: udler41@mail.ru*

The article describes the research, which aim is determining the equation of the curve that describes in rotation around vertical axis the surface similar to the shape of soft shell suspended in the center and under the action of its own weight force and tension along the lower contour of the circular support. The shell material is taken totally flexible and non-extensible. Make assumptions about the distribution of the linear force of gravity on the surface of the shell, typical for conical surfaces. Compiled by differential equations of equilibrium of a small section of shell cut along the meridians and parallels. At the result of solving equations received analytical expression describing the shape of the meridian forming the shell. This expression is a parabola the shape of which essentially depends on the parameter, which consider the size of the height and diameter of the marquee as well as the correlation of forces of weight and tension of membrane. The paper provides a function to calculate this parameter. The authors carried out the design verification showing a slight effect on the shape of the meridian, the assumption of linear distribution of gravity force of the shell.

**Keywords:** tent structures, soft shell, plane stress, static form of surface shape

Тентовые сооружения получили широкое распространение в практике строительства. Одним из давно известных видов та-

ких сооружений являются круговые шатры кочевых народов, схемы которых приведены на рис. 1.

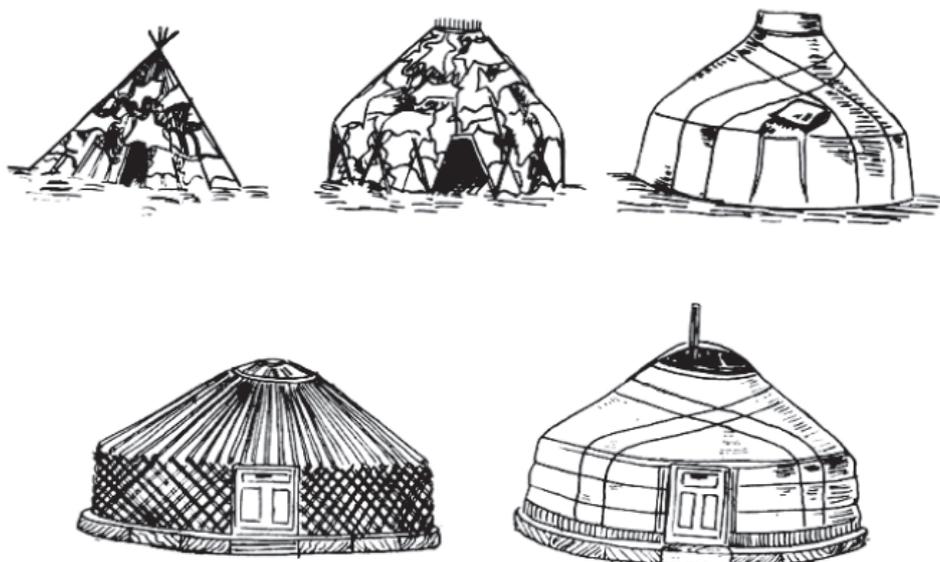


Рис. 1. Юрты и шатры кочевых народов



Рис. 2. Шатровое покрытие сооружения в Казани диаметром 50 м

Существенная особенность рассматриваемых в данной работе современных шатров заключается в отсутствии каркаса боковых поверхностей и использовании схемы с центральной подвеской оболочки и закреплением её на круглом опорном контуре, как показано на рис. 2.

Стабильность формы таких шатров обеспечивается приданием отрицательной гауссовой кривизны их поверхности под действием сил собственного веса оболочки, усилий предварительного растяжения при монтаже путем радиального натяжения по круглому опорному контуру.

**Цель исследования.** Для проектирования и расчета шатров необходимо знание зависимости формы поверхности от веса оболочки, натяжения тента и размеров сооружения. Однако в литературе этих сведений авторы не нашли. В связи с этим определение формы кривой, вращение которой вокруг центральной вертикальной оси образует оболочку в виде поверхности вращения, и выявление влияния на форму перечисленных выше факторов является главной целью данной работы.

Тентовые сооружения, как правило, изготавливаются из гибких рулонных пленочно-тканевых материалов. Эти материалы не способны сопротивляться изгибу и сжатию и могут воспринимать только растягивающие усилия. Поэтому сооружения из них должны иметь форму поверхности отрицательной гауссовой кривизны. Это позволяет мягким оболочкам сохранять стабильное положение под действием знакопеременных внешних нагрузок. Методы исследования поведения мягких оболочек под нагрузкой весьма обширны и классифицируются по принципам силового формообразования: пневматические, гидравлические, механические [2–5]. В описанных в данной работе исследованиях использован аналитический метод анализа механического равновесия шатровой оболочки.

Для проведения анализа была составлена расчетная схема, учитывающая геометрию оболочки, условия закрепления и схему нагрузок, но не учитывающая, на первом этапе, растяжимость материала. Она представлена на рис. 3.

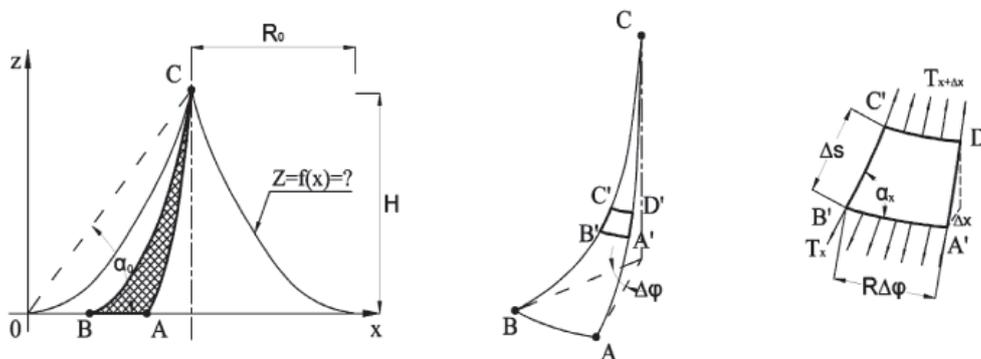


Рис. 3. Расчетная схема оболочки:  
слева – привязка к системе координат и геометрические параметры;  
справа – схема усилий и параметры малого элемента оболочки

Приняты следующие обозначения на схеме:  
 $R_o$  – радиус опорного контура шатра;  
 $H$  – высота шатра;  
 $T_x, T_{x+\Delta x}$  – внутренние погонные радиальные усилия растяжения в элементе;  
 $\alpha_x, \alpha_o$  – углы, с осью X касательной к меридиану и хорды соответственно;

$\Delta\phi$  – малый центральный угол сектора вырезанного элемента;

$ds$  – размер элемента по меридиану.

Для решения основной задачи – определения уравнения образующей кривой поверхности оболочки шатра – были составлены уравнения равновесия малого элемента, ограниченного смежными меридианами и параллелями, как показано на рис. 2.

$$-T_x \cdot (R-x) \cdot \Delta\phi \cdot \cos(\alpha_x) + T_{x+\Delta x} \cdot (R-x-\Delta x) \cdot \Delta\phi \cdot \cos(\alpha_{x-\Delta x}) = 0; \quad (1)$$

$$-T_x \cdot (R-x) \cdot \Delta\phi \cdot \sin(\alpha_x) + T_{x+\Delta x} \cdot (R-x-\Delta x) \cdot \Delta\phi \cdot \sin(\alpha_{x+\Delta x}) -$$

$$-q \cdot (R-x) \cdot \Delta\phi \cdot ds = 0.$$

Первое уравнение представляет собой сумму проекций сил на горизонтальную плоскость.

Второе – сумма проекций сил на вертикальную ось.

Из уравнения (1) следует, что при одноосном напряженном состоянии проекция продольной силы натяжения оболочки на горизонтальную плоскость должна иметь постоянную величину:

$$T_x \cdot (R-x) \cdot \cos(\alpha_x) = \text{const}. \quad (3)$$

Так как на контуре справедливы условия  $z_{x=0} = 0$  и  $\cos(\alpha_{x=0}) = 1$ , то обозначив погонное усилие натяжения оболочки на контуре  $N_o$ , получаем соотношение, связывающее текущее меридианное усилие с усилием на опоре:

$$T_x = \frac{N_o \cdot R}{(R-x) \cdot \cos(\alpha_x)}. \quad (4)$$

Рассмотрим условие равновесия проекций усилий на вертикальную ось Z, то есть уравнение (2)

Здесь приняты следующие обозначения:  
 $q = \rho g \delta$  – вес единицы площади оболочки  
 $(R-x) \cdot \Delta\phi$  – приближенный размер сегмента по параллели

$ds = \frac{dx}{\cos(\alpha_x)} = k \cdot dx$  – длина сегмента по меридиану

Учитывая, что  $\frac{1}{\cos(\alpha_x)} = \sqrt{1 + \text{tg}^2(\alpha_x)}$ , уравнение (2) принимает вид (5)

$$d(N_o R \cdot \text{tg}(\alpha_x)) = q \cdot \sqrt{1 + \text{tg}^2(\alpha_x)} \cdot (R-x) dx. \quad (5)$$

Перейдем к дифференциалам, заменим  $\text{tg}(\alpha_x) = z'$  и введем обозначение (6)

$$a = \frac{(N_o R)}{q}. \quad (6)$$

Получим дифференциальное уравнение второго порядка:

$$z'' = \frac{\sqrt{1+z'^2}}{a} (R-x) dx. \quad (7)$$

Подстановками  $v = z'$  и  $v' = z''$  приводим его к виду

$$v' = \frac{1}{a} \sqrt{1+v^2} \cdot (R-x) dx.$$

После интегрирования получим

$$\int \frac{dv}{\sqrt{1+v^2}} = \frac{1}{a} \int (R-x) dx \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ln(v + \sqrt{1+v^2}) = \frac{x}{2a} (2R-x) + C_1.$$

При  $x=0$  тангенс угла равен нулю, и константа равна нулю, тогда получаем (8а)

$$v + \sqrt{1+v^2} = \exp\left(\frac{x(2R-x)}{2a}\right). \quad (8a)$$

Умножаем обе его части на выражение  $v - \sqrt{1+v^2}$

$$(v - \sqrt{1+v^2}) \cdot (v + \sqrt{1+v^2}) = (v - \sqrt{1+v^2}) \cdot \exp\left(\frac{x(2R-x)}{2a}\right).$$

Откуда следует (8б)

$$v - \sqrt{1+v^2} = -\exp\left(-\frac{x(2R-x)}{2a}\right). \quad (8б)$$

Складываем (8а) и (8б):

$$2v = \exp\left(\frac{x(2R-x)}{2a}\right) - \exp\left(-\frac{x(2R-x)}{2a}\right).$$

Учитывая, что  $v = z'$ , получаем зависимость (9)

$$z' = \text{sh}\left(\frac{x(2R-x)}{2a}\right). \quad (9)$$

Это точное выражение для тангенса угла наклона касательной к образующей.

Дальнейшее интегрирование приводит к неразрешимому неопределенному интегралу, поэтому предлагается ввести упрощение.

Заменим, при учете веса оболочки, тангенс угла наклона касательной, тангенсом угла образующей описанного конуса

$\text{tg}(\alpha_x) = H/R$ , тогда величина  $\frac{1}{\cos(\alpha_x)}$  при учете веса оболочки представляет собой постоянный коэффициент  $k = \sqrt{1 + H^2 / R^2}$ .

Это приводит к уравнению  $z'' = \frac{k}{a}(R - x) dx$ , после интегрирования которого, с учетом условий на контуре  $z'_{x=0} = 0$  получаем уравнение (10)

$$z' = \sqrt{1 + \frac{H^2}{R^2}} \cdot \frac{x(2R - x)}{2a}. \quad (10)$$

После второго интегрирования с учетом условий на контуре  $z_{x=0} = 0$  приходим к искомой функции (11), описывающей форму меридиана оболочки:

$$z = \frac{p \cdot x^2}{6}(3R - x). \quad (11)$$

Здесь  $p$  – расчетный параметр

$$p = \frac{k}{a} = \frac{q \cdot \sqrt{1 + H^2 / R^2}}{N_o R}.$$

Приняв  $z_{(x=R)} = H$ , можно вычислить минимальное натяжение формообразования шатра

$$N_o = \frac{qR}{2H} \sqrt{R^2 + H^2}. \quad (12)$$

На рис. 4 приведен пример вычисленной по формуле (10) кривой меридиана шатровой оболочки и график распределения усилий растяжения в ней АО высоте.

Чтобы оценить ошибку, вносимую линейным распределением нагрузки от собственного веса оболочки, сравним значения кривизны меридиана, вычисленные по известной, например из [1], формуле кривизны плоской кривой (13). Точные значения вычислялись с учетом тангенса угла по формуле (9), а приближенные по формуле (10). Результаты вычислений сведены в таблицу и проиллюстрированы графиками на рис. 5.

$$k_k = \frac{z''}{[1 + (z')^2]^{3/2}}. \quad (13)$$

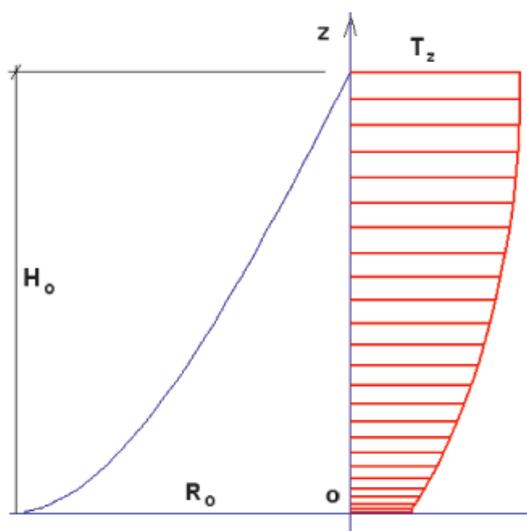


Рис. 4. Пример формы меридиана и график распределения усилий в нем по высоте

Таблица сравнения точных и приближенных значений кривизны меридиана (образующей шатра)

Относительные координаты $(R - x)/R$	Точные значения кривизны, вычисленные по формуле (9)	Приближенные значения кривизны, вычисленные по формуле (10)
1	1	1
0,9	0,723989	0,688679
0,8	0,389534	0,380662
0,7	0,188106	0,218011
0,6	0,090316	0,133881
0,5	0,044899	0,086486
0,4	0,023289	0,057162
0,3	0,012417	0,037319
0,2	0,006477	0,022641
0,1	0,002794	0,010717
0	0	0

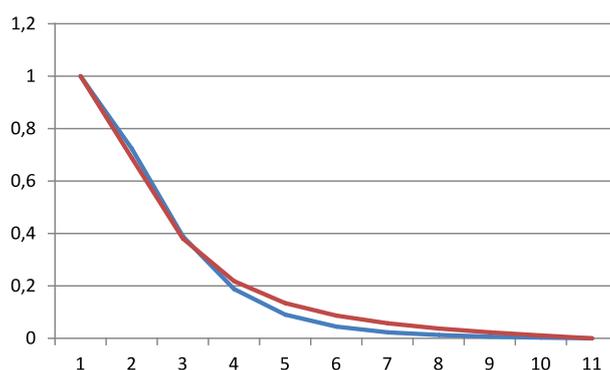


Рис. 5. Сравнение кривизны образующей, вычисленной по формулам точного (9) и приближенного (10) значений угла наклона касательной

### Выводы

Таким образом, меридиан оболочки шатра имеет вид параболы, описываемой уравнением (11). Форма параболы регулируется параметром, зависящим от высоты и диаметра шатра, веса квадратного метра оболочки и погонного усилия натяжения оболочки на контуре. Минимальное необходимое усилие натяжения для придания естественной формы оболочке естественной формы без провисов и складок определяется выражением (13).

### Список литературы

1. Норден А.П. Краткий курс дифференциальной геометрии. – М.: Физматгиз, 1958. – 244 с.
2. Отто Ф., Шлейер Ф.К. Тентовые и вантовые строительные конструкции. – М.: Стройиздат, 1970. – 177 с.
3. Пневматические строительные конструкции; под ред. В.В. Ермолова. – М.: Стройиздат, 1983.
4. Удлер Е.М. Совершенствование методики расчета мягких резервуаров с жидкостью // Известия КГАСУ. – 2011. – № 2 (16). – С. 110.

5. Удлер Е.М. Численный метод расчета мягкой оболочки, заполненной жидкостью и газом // Известия КГАСУ. – 2012. – № 2(20). – С. 99.

### References

1. Norden A.P. Kratkij kurs differencialnoj geometrii. M: Fizmatgiz, 1958. 244 p.
2. Otto F., Shlejer F.K. Tentovye i vantovye stroitelnye konstrukcii. M.: Strojizdat, 1970. 177 p.
3. Pnevmaticheskie stroitelnye konstrukcii; pod red. V.V. Ermolova. M.: Strojizdat, 1983.
4. Udler E.M. Sovershenstvovanie metodiki rascheta mjagkih rezervuarov s zhidkost'ju // Izvestija KGASU. 2011. no. 2 (16). pp. 110.
5. Udler E.M. Chislennyj metod rascheta mjagkoj obolochki, zapolnennoj zhidkost'ju i gazom // Izvestija KGASU. 2012. no. 2(20). pp. 99.

### Рецензенты:

Куприянов В.Н., д.т.н., профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань;  
 Каюмов Р.А., д.ф.-м.н., профессор, Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г. Казань.

УДК 004.052.2

## КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МНОГОЭТАПНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Кулягин В.А., Царев Р.Ю., Капулин Д.В., Пупков А.Н., Кукарцев В.В.

ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: vitalyas86@rambler.ru

Статья посвящена проблеме оценки свойств надежности автоматизированных систем управления предприятием на основных этапах их жизненного цикла. Рассмотрены особенности автоматизированной системы управления предприятием, как объекта исследования, отличающие ее от других систем. Исследование свойств надежности автоматизированных систем управления предприятием наиболее эффективно может быть выполнено при использовании следующих концептуальных моделей: концептуальной модели самой автоматизированной системы управления предприятием, концептуальной схемы пользователей системы, а также концептуальной схемы различных источников отказов автоматизированной системы управления предприятием. Оценка надежности автоматизированных систем управления предприятием выполняется на основе трех показателей надежности: коэффициента функциональной готовности, назначенного ресурса, коэффициента сохранения эффективности. В статье предложена новая концептуальная модель многоэтапной комплексной оценки надежности автоматизированных систем управления предприятием.

**Ключевые слова:** модель оценки надежности, автоматизированная система управления предприятием, показатели надежности

## CONCEPTUAL MODEL OF MULTI-STAGE INTEGRATED ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF AUTOMATED ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEMS

Kulyagin V.A., Tsarev R.Y., Kapulin D.V., Pupkov A.N., Kukartsev V.V.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: vitalyas86@rambler.ru

The article concerns the problem of assessment of the reliability properties of automated enterprise management systems at main stages of its life cycle. It is considered the features of automated enterprise management system that distinguish the system from other ones. The assessment of automated enterprise management systems can be performed in the most efficient way with support of the following conceptual models: a conceptual model of automated enterprise management systems, automated enterprise management system user's conceptual scheme, a conceptual diagram of the various sources of automated enterprise management systems' failures. The system reliability assessment is performed on the base of three parameters of reliability such as coefficient of operational availability, assigned resource, and conservation efficiency factor. The paper presents the developed conceptual model of multi-stage integrated assessment of the reliability of automated enterprise management systems.

**Keywords:** reliability assessment model, automated enterprise management system, reliability parameters

Внедрение современных технологий на предприятиях характеризуется созданием сложных систем и устройств с высоким уровнем автоматизации, выполняющих интеллектуальные, адаптивные функции управления в космической и авиационной технике, тепловой и атомной энергетике, химической, нефтехимической, нефтегазодобывающей, металлургической, обрабатывающей и других отраслях промышленности и транспорта [5]. Успешное решение задач управления, связанных с повышением эффективности производств, поставило в качестве первоочередной проблему обеспечения высокой надежности таких систем и технических средств. Важность этой проблемы обусловлена возможным ущербом, который может возникнуть в опасных производствах и производствах с большими единичными мощностями [9].

Автоматизированные системы управления предприятиями (АСУП) имеют ряд спе-

цифических особенностей, отличающих их от других типов информационных систем:

- Наличие большого количества разнообразных элементов (дополнительного оборудования, программ, информации, персонала) требует применения специальных методов оценки параметров надежности соответствующих компонент системы. Эта особенность нашла отражение в предложенных методах оценки надежности для соответствующих типов компонент.

- Также необходимо учитывать, что для подобного типа систем отказ какой-либо отдельной функции не приводит к отказу всей системы, то есть все отказы частичные. Данная особенность учитывается в разработанной математической модели [3].

- Помимо этого, специфичный жизненный цикл таких систем, включающий стадию создания и циклически выполняемые для отдельных секций системы стадии функционирования и модернизации,

предполагает необходимость управления адаптивностью систем как неотъемлемой частью их надежности. Предлагаются методы расчета коэффициента адаптивной надежности и коэффициента функциональной готовности АСУП.

- Непрерывность работы объекта автоматизации предполагает использование показателей надежности по непрерывным функциям. Особенность учитывается в математической модели [3].

### Многоэтапная комплексная оценка надежности автоматизированных систем управления предприятиями

Для оценки надежности систем рассматриваемого класса в дополнении к математической модели, рассмотренной в [3], была разработана концептуальная модель оценки надежности при частичных отказах. Особенность данной модели заключается в следующем:

1. Многоэтапность – модель охватывает все этапы жизненного цикла автоматизированной системы управления предприятием. На каждом этапе выполняется уточнение параметров надежности за счет информации, полученной на предыдущих этапах.

2. Единство показателей надежности – на каждом этапе жизненного цикла системы применяются одни и те же показатели надежности. Таим образом, можно контролировать значения показателей от этапа к этапу, чтобы они не выходили за заданные пределы.

3. Комплексность – оценка надежности в соответствии с моделью выполняется с учетом разнородности составляющих АСУП компонентов: программного, техни-

ческого, информационного, эргономического обеспечения.

Для анализа надежности автоматизированной системы управления предприятием использовались структурные методы, основанные на представлении системы в виде структурно-функциональной схемы [8]. Общая надежность системы рассчитывается на основании данных о надежности элементов, входящих в систему (рис. 1).

В системе присутствуют такие объекты, как пользователи. Каждый пользователь имеет автоматизированное рабочее место (АРМ), состоящее из программного (ПО), аппаратного (АО), информационного (ИО) и эргономического (ЭО) обеспечения АСУП. Каждый пользователь входит в отдел предприятия, оснащенный серверным программным обеспечением (ПО) и серверным оборудованием (АО). АСУП делится на программные модули по типам выполняемых функций. Каждый пользователь может работать более чем с одним модулем, один модуль может вызываться более чем одним пользователем.

Каждый пользователь  $i$  работает с программными модулями  $j$  АСУП в соответствии с матрицей переходов Марковского процесса, в котором состояния  $J$  – номера программных модулей,  $(F + 1)$  – состояние, характеризующееся отсутствием признаков работы в АСУП данного пользователя [2] (рис. 2).

Выполнение программного модуля определенным пользователем называется операцией. Операции считаются независимыми друг от друга. Вероятности перехода пользователя из одного состояния в другое – матрицей (рис. 3).



Рис. 1. Концептуальная модель АСУП

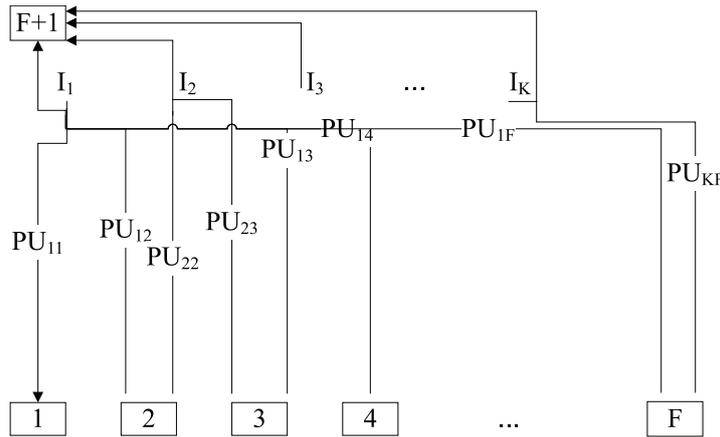


Рис. 2. Схема работы пользователей АСУП

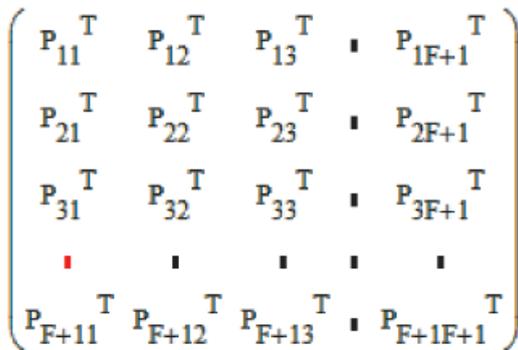


Рис. 3. Матрица переходов пользователя i

Отсюда рассчитываются финальные вероятности состояний  $PU_{ij}$ .

Концептуальная схема надежности автоматизированных систем управления предприятиями, учитывающая различные источники отказов, представлена на рис. 4.

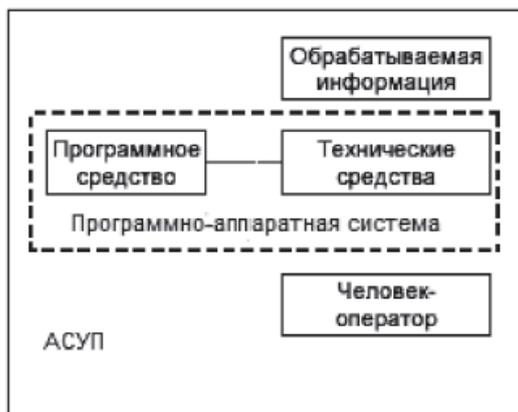


Рис. 4. Концептуальная схема различных источников отказов в АСУП

Применение схемы позволяет выделить следующие источники отказов:

- в программном обеспечении – проявление в ПО ошибки, которая ранее не была обнаружена и возникла при каком-то конкретном сочетании исходных данных и команд, соответствующих спецификации [1, 7];
- в аппаратном обеспечении – возникновение отказов (сбоев) в ТС: компьютерных комплектующих, внешних устройствах [8];
- в информационном обеспечении – отказы возникают во входных данных, которые искажают результат работы АСУП [4];
- в эргономическом обеспечении – возникновение отказа из-за ошибки персонала (человека-оператора), которая искажает результат работы АСУП [6].

Для оценки надежности на каждом этапе АСУП выбраны показатели надежности (коэффициент сохранения эффективности, назначенный ресурс, коэффициент функциональной готовности), охватывающие свойства безотказности, ремонтпригодности, долговечности АСУП.

Коэффициент сохранения эффективности АСУП за некоторый интервал времени  $t$ :

$$K_{СЭ\_АСУП\ t} = \frac{\sum_i \left( \sum_{j=1}^F PU_{ij} \cdot \mathfrak{E}_{pij} \right)}{\sum_i \left( \sum_{j=1}^F PU_{ij} \cdot \mathfrak{E}_{nij} \right)}; \quad (1)$$

$$\mathfrak{E}_{nij} = N_{опij} \cdot r_{ij}; \quad (2)$$

$$\mathfrak{E}_{pij} = \mathfrak{E}_{nij} \cdot K_{гij} + \mathfrak{E}_{nij} \cdot \sum_t (1 - K_{гijl}) \cdot KСЭ_{ijl}; \quad (3)$$

$$S_{ij} = \frac{T_{отк\_ij}}{T_{отк\_ij} + T_{вос\_ij}}; \quad (4)$$

$$T_{отк\_ij} = \frac{1}{\lambda_{ПМ\_j} + \lambda_{ДО\_ij} + \lambda_{СПОi} + \lambda_{ИО\_ij} + \lambda_{ОС\_i} + \lambda_{АО\_i} + \lambda_{ЛС\_i} + \lambda_{ГС\_i} + \lambda_{ЭО\_i}}; \quad (5)$$

$$S_{АСУП} = \frac{\sum_i \sum_j T_{отк\_ij}}{\sum_i \sum_j T_{отк\_ij} + T_{вос\_ij}}, \quad (6)$$

где  $\mathcal{E}_{rij}$  – реальная эффективность работы  $i$ -го пользователя с  $j$ -м модулем (количество обрабатываемой информации за время  $t$ );  $\mathcal{E}_{nij}$  – номинальная эффективность работы  $i$ -го пользователя с  $j$ -м модулем (количество обрабатываемой информации за время  $t$ );  $N_{onij}$  – кол-во операций, совершаемых пользователем  $i$  над модулем  $j$  в единицу времени  $t$ ;  $R_{ij}$  – кол-во байт информации в одной операции;  $K_{сэijl}$  – коэффициент сохранения эффективности для  $i$ -го пользователя в  $j$ -м модуле при  $l$ -м частичном отказе;  $S_{ij}$  – коэффициент готовности  $j$ -го компонента для  $i$ -го пользователя;  $S_{jl}$  – коэффициент готовности системы для  $i$ -го пользователя в  $j$ -м модуле при  $l$ -м частичном отказе.

Показатель долговечности для элемента АСУП – назначенный ресурс ( $T_p$ ), представляющий собой суммарную наработку, после которой эксплуатация системы должна быть прекращена.

Коэффициент функциональной готовности АСУП:

$$K_A = \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \quad (7)$$

где  $T_0$  – среднее время между функциональными отказами;  $T_B$  – среднее время восстановления после функциональных отказов [4].

Для оценки надежности АСУП разработана концептуальная модель комплексной оценки надежности на всех этапах жизненного цикла [10] в виде модели IDEF0 (рис. 5).

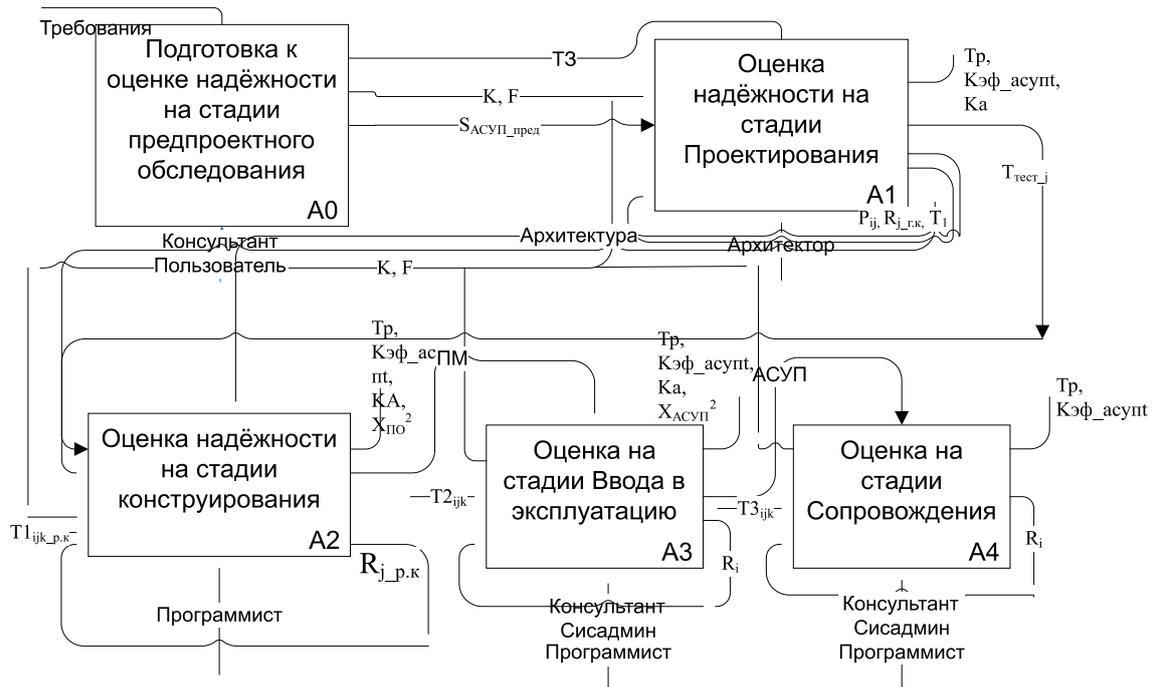


Рис. 5. Концептуальная схема оценки надежности на всех этапах жизненного цикла АСУП

Обозначения:

$T_{тест\ j\ p.k}$  – расчетное время тестирования разрабатываемых программных компонент на стадии проектирования;

$T_{1\ ijk\ p.k}$  – время между появлениями отказов в программных компонентах на стадии тестирования;

$T_{2\ ijk}$  – время между появлениями отказов в модулях на стадии ввода в эксплуатацию;

$T_{3\ ijk}$  – время между появлениями отказов в модулях на стадии сопровождения;

$X^2$  – адекватность модели.

Предложенная концептуальная модель описывает входы, выходы, управляющие воздействия, исполнителей на этапах жизненного цикла АСУП.

### Заключение

Несмотря на то, что на текущий момент предложено множество моделей и методов оценки надежности систем управления предприятием, можно констатировать отсутствие единого подхода к оценке показателей надежности. В данной работе предложена концептуальная модель комплексной оценки надежности автоматизированной системы управления предприятиями на всех этапах ее жизненного цикла. Разработанная модель позволяет рассчитать основные показатели надежности АСУП, в частности коэффициент сохранения эффективности, срок службы, а также коэффициент функциональной готовности системы. Потенциальной областью применения концептуальной модели многоэтапной комплексной оценки надежности являются автоматизированные системы управления предприятиями, применяемые в критичных областях производства.

### Список литературы

1. Буторов В.В. Оценка надежности клиент-серверных приложений корпоративной системы управления предприятием / В.В. Буторов, С.В. Тынченко, Р.Ю. Царев // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 5. – Ч. 3. – С. 488–492.
2. Зейфман А.И. Марковские цепи и модели с непрерывным временем / А.И. Зейфман, В.Е. Бенинг, И.А. Соколов. – М.: Элекс-КМ, 2008. – 168 с.
3. Кулягин В.А. Модель оценки надежности автоматизированных систем управления предприятием на основе статических вероятностей компонент // *Вестник СибГАУ*. – 2012. – Вып. 3 (43) – С. 33–37.
4. Опарина Н.М. Надежность информационных систем. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2007. – 126 с.
5. Разработка высоконадежных интегрированных информационных систем управления предприятием: монография / Д.В. Капулин, Р.Ю. Царев, О.В. Дрозд, А.С. Черниговский. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2015. – 174 с.
6. Смагин В.А. Основы теории надежности программного обеспечения / В.А. Смагин, А.Н. Дорохов. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2009. – 304 с.
7. Царев Р.Ю. К проблеме оценки надежности сложных программных систем / Р.Ю. Царев, А.В. Штарик, Е.Н. Штарик // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии*. – 2015. – Т. 8. – № 1. – С. 33–47.
8. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. – СПб.: Питер, 2005. – 479 с.

9. Шкляр В.Н. Надежность систем управления. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 126 с.

10. Ian Sommerville. *Software Engineering*. – 8-th edition, USA: Pearson education limited, 2007. – 868 p.

### References

1. Butorov V.V., Tynchenko S.V., Tsarev R.Yu. *Ocenka nadezhnosti klient-servernykh prilozhenij korporativnoj sistemy upravlenija predpriyatijem* [Estimation of the reliability of client-server applications for a corporate enterprise management system]. *Fundamental research*, 2015, vol. 5, no. 3, pp. 488–492.
2. Zeyfman A.I., Bening V.E., Sokolov I.A. *Markovskie ceps i modeli s nepreryvnyim vremenem* [Markov chains and continuous-time models]. М.: Elex-KM, 2008, 168 p.
3. Kuljagin V.A. *Model ocenki nadezhnosti avtomatizirovannykh sistem upravlenija predpriyatijem na osnove staticheskikh verojatnostej komponent* [Model for assessment of the reliability of automated enterprise management systems based on statistic probability of components]. *Bulletin SibGAU*, 2012, no. 3, pp. 33–37.
4. Oparina N.M. *Nadjozhnost informacionnykh sistem* [Reliability of information systems]. Khabarovsk: Far Eastern State Transport University, 2007, 126 p.
5. Kapulin D.V., Tsarev R.Yu., Drozd O.V., Chernigovskiy A.S. *Razrabotka vysokonadezhnykh integrirovannykh informacionnykh sistem upravlenija predpriyatijem* [Development of highly reliable integrated information systems for enterprise management]. Krasnojarsk: Siberian Federal University, 2015, 174 p.
6. Smagin V.A., Dorohov A.N. *Osnovy teorii nadezhnosti programmogo obespechenija* [Basic theory of the software reliability]. Sankt-Peterburg: Baltic State Technical University, 2009, 336 p.
7. Tsarev R.Yu., Shtarik A.V., Shtarik E.N. *K probleme ocenki nadezhnosti slozhnykh programmykh sistem* [Toward the problem of estimation of the complex software system reliability]. *Journal of Siberian Federal University. Series: Engineering & Technologies*, 2015, vol. 8, no. 1, pp. 33–47.
8. Cherkesov G.N. *Nadezhnost apparatno-programmnykh kompleksov* [The reliability of software and hardware]. Sankt-Peterburg: Piter, 2005, 479 p.
9. Shkljar V.N. *Nadezhnost sistem upravlenija* [The reliability of control systems]. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2009, 126 p.
10. Ian Sommerville. *Software Engineering*, 8-th edition, USA: Pearson education limited, 2007, 868 p.

### Рецензенты:

Носков М.В., д.ф.-м.н., профессор, заместитель директора по научной работе Института космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск;

Ченцов С.В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Системы автоматизации, автоматизированное управление и проектирование», Сибирский федеральный университет, г. Красноярск.

УДК 004.832.32

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЙ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

<sup>1</sup>Ломакина Л.С., <sup>2</sup>Соловьева И.В., <sup>1</sup>Зеленцов С.А.

<sup>1</sup>Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, e-mail: traxium@mail.ru, lloமாகina@list.ru;

<sup>2</sup>ФБУН ННИИЭМ им. академика И.Н. Блохиной Роспотребнадзора, Нижний Новгород, e-mail: lab-lb@yandex.ru

В статье проведен анализ существующих интеллектуальных методов диагностирования многомерных объектов. Многомерные объекты характеризуются большим количеством элементов и подсистем, находящихся в непрерывной взаимосвязи и взаимодействии между собой и с окружающей средой. Сложность многомерных объектов накладывает определенные особенности на процессы анализа и синтеза систем диагностики. Среди интеллектуальных подходов в диагностике многомерных объектов по способу обучения можно выделить два основных направления: системы с дедуктивным обучением и системы с индуктивным обучением. Дедуктивное обучение предполагает формализацию знаний экспертов и их перенос в компьютер в виде базы знаний. К дедуктивным системам относят экспертные системы различного назначения. Системы индуктивного обучения основываются на выявлении закономерностей в эмпирических данных. К индуктивным подходам относят методологию нейронных сетей и генетических алгоритмов. Рассмотрен биоценоз желудочно-кишечного тракта человека как пример многомерных объектов. На основе проведенного анализа существующих интеллектуальных диагностических систем были выявлены недостатки и особенности их применения к многомерным объектам.

**Ключевые слова:** диагностика, многомерные объекты, дедуктивное обучение, индуктивное обучение, классификация, биоценоз

## METHODOLOGICAL ASPECTS OF DIAGNOSING THE STATE OF MULTI-DIMENSIONAL OBJECTS

<sup>1</sup>Lomakina L.S., <sup>2</sup>Soloveva I.V., <sup>1</sup>Zelentsov S.A.

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, e-mail: traxium@mail.ru, lloமாகina@list.ru;

<sup>2</sup>Federal Budget Institution of Science «Nizhny Novgorod Scientific and Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after academician I.N. Blochina» Of Federal Service on Surveillance for Consumer Rights Protection and Human Welfare, Nizhny Novgorod, e-mail: lab-lb@yandex.ru

The article analyzes the existing intelligent methods of diagnosing multi-dimensional objects. Multidimensional objects are characterized by a large number of components and subsystems that are in continuous relationship and interaction with each other and with the environment. The complexity of multi-dimensional objects imposes certain features of the processes of analysis and synthesis of diagnosis. Among the intellectual approaches to diagnosis multi-dimensional objects by a process of learning can be divided into two main areas: the education system with deductive and inductive learning system. Deductive learning involves the formalization of expert knowledge and their transfer to the computer as a knowledge base. Deductive systems include expert systems for various purposes. Inductive learning systems based on detecting patterns in empirical data. The inductive approach includes the methodology of neural networks and genetic algorithms. Biocenosis of the gastrointestinal tract of a human considered as an example of multi-dimensional objects. Based on the analysis of existing intelligent diagnostic systems deficiencies and particularities of their application to multidimensional objects have been identified.

**Keywords:** diagnostics, multi-dimensional objects, deductive learning, inductive learning, classification, biocenosis

В природе практически все объекты (физические, биологические, технические, социальные) описываются множеством физических величин или параметров (переменных), которые в совокупности образуют модель объекта как структурированный состав, т.е. систему.

Анализ свойств модели на основе системного подхода и экспериментальная проверка результатов анализа являются основной целью современных научных исследований. Объект (образец) обнаруживает

себя вовне как совокупность наблюдаемых переменных, значения которых интерпретируются как свойства объекта, его состояния.

Таким образом, состояние объекта описывается значениями измеряемых переменных  $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ , последовательность которых можно рассматривать как вектор в  $n$ -мерном евклидовом пространстве, пространстве переменных. В литературе переменные часто называют компонентами, поскольку в совокупности они образуют систему – модель объекта. Обнаружить

структурные закономерности (свойства) системы, т.е. различного рода зависимости между компонентами, по единственному состоянию системы не представляется возможным, поскольку зависимость отражает характер совместного изменения значений переменных. Для решения поставленной задачи необходимо располагать по крайней мере множеством состояний, каждое из которых изображается точкой в  $n$ -мерном пространстве переменных.

### **Интеллектуальные методы в системах диагностирования многомерных структур**

Среди интеллектуальных подходов при диагностировании многомерных объектов по способу обучения можно выделить два основных направления: системы с дедуктивным обучением и системы с индуктивным обучением.

Дедуктивное обучение предполагает формализацию знаний экспертов и их перенос в компьютер в виде базы знаний. К дедуктивным системам относят экспертные системы (ЭС) различного назначения. В общем случае они состоят из базы знаний (БЗ), механизма вывода и интерфейса, обеспечивающего связь пользователя и эксперта с системой.

Системы индуктивного обучения основываются на выявлении закономерностей в эмпирических данных. К индуктивным подходам относят методологию нейронных сетей (НС) и генетических алгоритмов (ГА) [5].

#### **Системы с дедуктивным обучением**

##### *Экспертные системы*

В экспертных системах решение об отнесении объекта, характеризующегося диагностическими признаками, к определенному классу производится на основе выявления соответствующего правила в базе знаний. Правила могут представлять собой классические импликации вида «если – то» или быть представлены в виде семантических сетей или фреймов. В продукционных моделях в качестве antecedента (условия) выступают классифицируемые параметры, по которым производится поиск в базе знаний. Консеквентом (выводом), соответственно, выступают диагностические заключения.

При разработке ЭС инженеры знаний стремятся получить знания главных экспертов в таких выражениях, которые могут быть оценены как правила. Одно из таких правил помещается в базу правил. Текущее рабочее знание и база правил будут оценены снова правилами организации цепочек для получения заключения [1].

##### *Нечеткая логика*

Системы с нечеткой логикой также относятся к классу систем, основанных на знаниях. Основным отличием от ЭС является то, что в процессе функционирования они оперируют с нечеткими величинами, выраженными в лингвистических переменных, и принятие решений происходит с помощью средств «мягких» вычислений.

Методология систем с логическим выводом значительно упрощена. Заданные варианты и границы проверяются на предмет попадания в область  $i$ , в зависимости от результата, выбирается действие. Подход дает возможность связать множество утверждений вместе, чтобы сформулировать более сложные умозаключения. Такая технология, как таблица решений, может быть применена, чтобы обеспечить простоту анализа представлений этих утверждений.

В контексте задач классификации состояний многомерных объектов по диагностическим параметрам нечеткой логики ранжируют данные по степени близости к центру класса на основе построения нечетких функций принадлежности [6].

#### **Системы с индуктивным обучением**

##### *Генетические алгоритмы*

Генетические алгоритмы представляют собой эволюционные методы принятия решений, основанные на механизмах естественного отбора и наследования. Чаще используются в качестве метода оптимизации. Отличительной особенностью генетических алгоритмов является кодирование параметров, операции на популяциях, использование целевой функции для поиска наиболее подходящего решения, применение вероятностных правил выбора [7]. Для использования генетических алгоритмов необходимо большое множество компонентов, чтобы решить проблему.

##### *Нейронные сети*

В нейронных сетях решающее правило представляет собой функции активации нейронов. Принципы обучения и самообучения, положенные в основу нейронных сетей, позволяет системе обучаться на прошлом опыте и примерах, а также распознавать известные примеры в клинической информации.

В нейронных сетях выделяют три главных уровня: входы (приемник данных или полученные данные), выходы (объединенные результаты или возможные состояния) и скрытый слой (обрабатываемые данные). Система становится более эффективной с известными результатами для больших массивов данных [4].

Таблица 1

Нейронные сети в аспекте решения задач диагностики многомерных объектов

Тип сети	Достоинства	Недостатки
Многослойный линейный персептрон	Широко распространены, для их реализации разработано множество прикладных пакетов	Экспериментальное определение количества скрытых слоев
Радиальнобазисная сеть	Имеют один скрытый слой, реализующий нелинейную функцию	Сложности с интерпретацией результатов
Вероятностная сеть	Имеют скрытый слой, реализующий нелинейную функцию; позволяют получать результат в виде оценок вероятностей	Для получения более точных результатов необходимо иметь оценки априорных вероятностей
Сеть Кохонена	Способность классифицировать новые, ранее неизвестные данные на основе алгоритмов самообучения	Невозможно проследить ход получения вывода
Сеть Хопфилда	Однослойность. Быстрое и простое обучение за один цикл. Способность восстанавливать целый образ по части	Ограниченное количество запоминаемых образов

Основываясь на результатах анализа нейронных сетей в аспекте решения задач диагностики многомерных объектов (табл. 1), можно сделать вывод, что для экспериментального определения параметров точности нейросетевого классификатора необходимо рассмотреть следующие нейронные сети:

- вероятностная нейронная сеть, поскольку такая сеть позволяет получать результаты классификации в виде вероятностных оценок;
- сеть Хопфилда, так как характеризуется простотой в обучении и способностью восстанавливать целый образ по части.

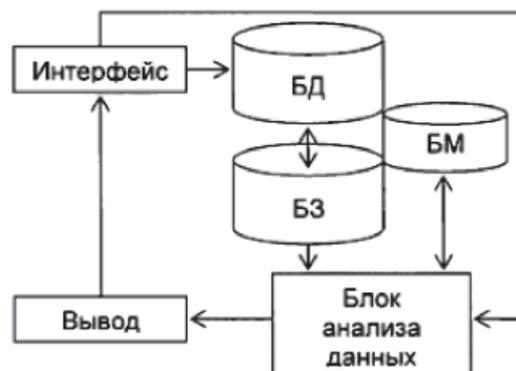
#### Сравнительный анализ интеллектуальных методов диагностирования

Обобщенная структура современных систем диагностики многомерных объектов представлена на рисунке.

Интерфейсный модуль служит для обеспечения связи между пользователем (или экспертом) и системой. С помощью этого блока данные поступают в систему для дальнейшей обработки, также модуль интерфейса позволяет пользователю получать результаты работы системы в удобной и понятной для него форме. Системы диагностики обладают базой данных (БД) для хранения информации об объектах. База знаний служит для хранения правил, на основе которых принимается решение. В случае систем с индуктивным обучением БЗ может содержать обучающие данные, представленные в виде прецедентов [2]. База моделей (БМ) содержит математические модели сбора, обработки и хранения данных.

Блок анализа данных представляет собой вычислительную базу системы диагностики. Здесь на основе правил БЗ и математических моделей БМ вырабатывается

решение, а также производится пред- и постобработка данных. Затем результаты анализа поступают в блок вывода [3].



Обобщенная структура интеллектуальных систем диагностики многомерных объектов

В зависимости от решаемых задач блок анализа данных может иметь различную математическую основу и применять классические методы анализа данных, основанные на статистической обработке, или интеллектуальный анализ данных.

На основе проведенного анализа существующих диагностических систем (табл. 2) были выявлены следующие недостатки: первая группа систем с дедуктивным обучением не поддерживает работу с данными, характеризующимися слабой структурируемостью, неопределенностью, неточностью и неполнотой; вторая группа систем с дедуктивным обучением не поддерживают получения новых знаний из экспериментальных данных; третья группа систем – системы с индуктивным обучением – имеют слабый интерпретационный механизм, не позволяющий проследить ход решения.

Таблица 2

Сравнительный анализ интеллектуальных методов диагностики

Метод	Особенности	Ограничения	Примеры
Байесовские сети	Знания и заключения экспертов представлены в форме вероятностей	Сложность получения знаний о вероятностях для возможного результата	Iliad DXPlane GenRost
Экспертные системы	Предметная область ограничивается только знаниями экспертов и возможностью трансформировать эти знания в четкие правила	Не работают с данными, имеющими пропуски. Не могут получать новые знания из экспериментальных данных	MYCIN CADUCEUS GenRost DiagnosisPro Diagnoz-it ДИАНЕС
Нечеткая логика	Опираются на методологию «мягких» вычислений	Не могут получать новые знания из экспериментальных данных	GenRost
Генетические алгоритмы	Получают информацию из данных пациентов. Принимают итеративную обработку для получения оптимального решения	Сложности в определении функции пригодности решений. Отсутствие интерпретации хода решения	ДИАГЕН
Нейронные сети	Получают информацию из данных пациентов. Поддерживают обучение и самообучение	Отсутствие интерпретации хода решения	VisualDx RODIA

### Классификация состояний биоценоза

В настоящее время актуальным является внедрение информационных технологий в процесс научных и прикладных исследований состояний биоценоза для повышения точности диагностирования. Биоценоз – это системно-организованная совокупность живых организмов, обитающих в определенной среде. Биоценозом также является микробиота желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) человека.

Модель, описывающая состояния биоценоза ЖКТ, строится на исходных данных, которые представляют собой результаты бактериологических исследований состояния пищеварительного тракта больных и здоровых людей. Результат исследования состояния ЖКТ отдельного пациента представляется в виде вектора  $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$  в n-мерном евклидовом пространстве, координатами которого являются скалярные величины, каждая из которых соответствует количеству микроорганизмов определенного вида. Таким образом, математическая модель представляет собой n-мерное пространство признаков, которые априорно разделены на классы, соответствующие диагностируемым классам заболеваний. Таким образом задача классификации состояний биоценозов сводится к задаче диагностирования многомерных объектов и принятия решения, какому из классов принадлежит результаты анализа пациента.

В рамках научного исследования для повышения эффективности объективиза-

ции оценок состояния микробиоты ЖКТ человека в Нижегородском научно-исследовательском институте эпидемиологии и микробиологии им. академика И.Н. Блохиной были исследованы возможности применения интеллектуальных методов диагностирования многомерных объектов, основанные на нейронных сетях и диагностических экспертных системах. По результатам экспериментов можно судить о том, что обе модели могут успешно осуществлять диагностирование биоценозов.

### Выводы

Проведя анализ систем, основанных на вышеописанных методиках, можно выдвинуть заключение о том, что интеграция систем с дедуктивным обучением с системами с индуктивным обучением может повысить достоверность и обоснованность результатов.

Комбинация методов, с одной стороны, дает возможность использовать индивидуальную силу каждого из методов для решения специфических частей задачи, что позволяет создать более эффективные модели представления и обработки знаний. С другой стороны, такой подход основывается на том, что только синергетическая комбинация интеллектуальных технологий может достичь полного спектра когнитивных и вычислительных возможностей, реализуемых в компьютерных моделях интеллектуальных систем.

### Список литературы

1. Джарратано Д. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование / Д. Джарратано, Г. Райли. – 4-е изд. – М.: Вильямс, 2007. – 1152 с.
2. Ломакина Л.С. Модели и алгоритмы диагностирования состояний биоценоза на основе априорных статистических данных / Л.С. Ломакина, И.В. Соловьева, С.А. Зеленцов, А.С. Пожидаева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 5. – С. 251–255.
3. Ломакина Л.С. Построение диагностической экспертной системы для определения состояний биоценозов / Л.С. Ломакина, С.А. Зеленцов // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – № 1(59). – С. 68–73.
4. Осуга С. Обработка знаний; пер. с япон. – М.: Мир, 1989. – 293 с.
5. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский; пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 452 с.
6. Рыбина Г.В. Теория и технология построения интегрированных экспертных систем / Г.В. Рыбина – Москва: Научтехлитиздат, 2008. – 482 с.
7. Рыбина Г.В. Технология построения динамических интеллектуальных систем: учебное пособие для вузов / Г.В. Рыбина, С.С. Паронджанов. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 238 с.

### References

1. Dzharratano D., Rayli G. *Ekspertnye sistemy. Printsipy razrabotki i programmirovaniye* [Expert systems. Principles of design and programming]. Moscow, Vilyams, 2007. 1152 p.

2. Lomakina L.S., Soloveva I.V., Zelentsov S.A., Pozhidaeva A.S. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzhya*, 2013, no. 5. pp. 251–255.

3. Lomakina L.S., Zelentsov S.A. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii*, 2015, no. 1(59), pp. 68–73.

4. Osuga, S. *Obrabotka znaniy* [Processing expertise]. Moscow, Mir, 1989. 293 p.

5. Rutkovskaya D., Pilinskiy M., Rutkovskiy L. *Neyronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy* [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems]. Moscow, Goryachaya liniya – Telekom, 2007. 452 p.

6. Rybina G.V. *Teoriya i tekhnologiya postroeniya integrirovannykh ekspertnykh sistem* [The theory and technology of building integrated expert systems]. Moscow, Nauchtekhlitizdat, 2008. 482 p.

7. Rybina G.V., Parondzhanov S.S. *Tekhnologiya postroeniya dinamicheskikh intellektualnykh sistem* [Technology building dynamic intellectual systems]. Moscow, NIYaU MIFI, 2011. 238 p.

### Рецензенты:

Соустова И.А., д.ф.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник, Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород;

Чиркова М.М., д.т.н., профессор кафедры «Информатика, системы управления и телекоммуникаций», Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород.

УДК 004.891.3

## СИТУАЦИОННО-ФРЕЙМОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ УТЕЧЕК ПРИРОДНОГО ГАЗА

Лытаев Е.П.

ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет»,  
Астрахань, e-mail: evgeny\_lytaev@yahoo.com

Настоящая статья посвящена повышению эффективности диагностирования газораспределительных сетей на предмет возникновения неучтенного газа (утечек) при его транспортировке. На основании данного аспекта выявлена необходимость определения значимости факторов, влияющих на возникновение утечек природного газа. Определение значимости факторов возникновения утечек и неучтенного газа происходит путем организации и проведения экспертного опроса, а также оценки меры согласованности мнений экспертов. Рассмотрены не только виды факторов, влияющих на возникновение неучтенного газа, но и произведен расчет оценки их значимости, представленный в виде диаграммы весов факторов модели возникновения утечек и неучтенного газа. Выделенные механизмы формирования ситуационно-фреймовой модели позволили описать границы возможных отклонений факторов рассмотренной модели. Интерпретация результатов представлена в виде теоретико-множественной и ситуационно-фреймовой моделей.

**Ключевые слова:** газораспределительная сеть, неучтенный газ (утечки), экспертный опрос, коэффициент конкордации, теоретико-множественная модель

## SITUATIONAL AND FRAME MODEL FOR IDENTIFICATION OF THE REASONS OF EMERGENCE OF LEAK OF NATURAL GAS

Lytaev E.P.

FGBOU VPO «Astrakhan state technical university», Astrakhan, e-mail: evgeny\_lytaev@yahoo.com

The present article is devoted to increase of efficiency of diagnosing of gas-distributing networks regarding emergence of unaccounted gas (leaks) at its transportation. On the basis of this aspect need of determination of the importance of the factors influencing emergence of leak of natural gas is revealed. Determination of the importance of factors of emergence of leaks and unaccounted gas happens by the organization and carrying out expert poll and also an assessment of a measure of coherence of opinions of experts. Are considered not only types of the factors influencing emergence of unaccounted gas but also calculation of an assessment of their importance presented in the form of the chart of scales of factors of model of emergence of leaks and unaccounted gas is made. The allocated mechanisms of formation of situational and frame model allowed to describe borders of possible deviations of factors of the considered model. Interpretation of results it is presented in the form set-theoretic and situational and frame models.

**Keywords:** gas-distributing network, unaccounted gas (leaks), expert poll, konkordation coefficient, set-theoretic model

На основе анализа аварийности, технологических нарушений при транспортировке газа и аналитического обзора вопросов технического диагностирования в работе [3] поставлена задача повышения эффективности диагностирования газораспределительных сетей на предмет возникновения неучтенного газа (утечек) при его транспортировке. На основании данного аспекта выявлена необходимость определения значимости факторов [2], влияющих на возникновение утечек природного газа.

**Постановка задачи.** Цель работы – организация и проведение экспертного опроса [4] для выявления значимости факторов возникновения утечек и неучтенного газа, а также оценка меры согласованности мнений экспертов. Интерпретацию результатов требуется представить в виде теоретико-множественной и ситуационно-фреймовой моделях.

На основании природы возникновения, в результате системного анализа процесса

транспортировки газа и изучения измерений расхода, количества и учета природного газа [3], все факторы были условно разделены на три группы: утечки газа из газопроводов и сооружений на них; утечки, зависящие от физико-технических свойств газа и окружающей среды, неучтенный газ, зависящий от состояния учета [2].

### Организация и проведение экспертного опроса

Экспертная группа составлена из 5 экспертов, принципиальное значение при выборе экспертов имели следующие факторы: опыт работы, компетентность, объективность. Каждый из экспертов имеет стаж работы в организациях, связанных с транспортировкой газа, более 5 лет, является высококвалифицированным специалистом оперативно-диспетчерских и аварийных служб линейно-промышленных управлений магистральных газопроводов.

В качестве формы опроса использован опросный лист. С целью обеспечения независимости оценок исключено взаимовлияние экспертов и снижено воздействие посторонних факторов. Работа организована таким образом, что эксперт находился в привычной для него обстановке, при отсутствии влияния на оценку других лиц [5].

На основании имеющейся информации синтезирована диаграмма «Количество неучтенного газа», представленная в [3] и объединяющая факторы, возникающие в каждой из групп. С помощью диаграммы экспертам предлагалось оценить степень возможности возникновения каждого из факторов в своей группе с помощью метода ранжирования. Данный метод является наиболее простым для проведения процедуры упорядочения объектов и не требует трудоемкого обучения экспертов. Метод идеально подходит для упорядочения объектов, число которых не превышает 15 [6]. Среди объектов нет одинаковых по сравниваемым показателям, т.е. нет эквивалентных объектов. В этом случае между ними существует только отношение строгого порядка. Пример результатов ранжирования для удобства обработки представлен в табл. 1.

После того как данные опросных листов собраны, проводится обработка полученных оценок. При ранжировании объектов используется мера согласованности мнений группы экспертов – дисперсионный коэффициент конкордации. При оценке объектов исследования эксперты расходятся во мнениях по решаемой проблеме. В связи с этим возникает необходимость количественной оценки степени согласия экспертов. Получение количественной меры согласованности позволяет обоснованно интерпретировать причины расхождения мнений.

### Оценка согласованности мнений экспертов

Результаты опросов экспертов представлены в виде матрицы:

Факторы	1	2	3	4	s	d
$x_1$	$r_{11}$	$r_{12}$	$r_{13}$	$r_{14}$	$r_{1s}$	$r_{1d}$
$x_2$	$r_{21}$	$r_{22}$	$r_{23}$	$r_{24}$	$r_{2s}$	$r_{2d}$
$x_3$	$r_{31}$	$r_{32}$	$r_{33}$	$r_{34}$	$r_{3s}$	$r_{3d}$
$x_i$	$r_{i1}$	$r_{i2}$	$r_{i3}$	$r_{i4}$	$r_{is}$	$r_{id}$
$x_m$	$r_{m1}$	$r_{m2}$	$r_{m3}$	$r_{m4}$	$r_{mi}$	$r_{md}$

Для табл. 1 с представленными в ней результатами опроса экспертов в группе утечек, возникающих на газопроводах и сооружениях на них, вычислили  $r_{is}$  для фактора возникновения утечки на стыковых соединениях

$$r_{is1} = \sum_{s=1}^5 (4 + 3 + 3 + 5 + 6) = 21.$$

Рассчитаны суммы рангов для каждого фактора табл. 1:

$$r_{is2} = 25; r_{is3} = 24; r_{is4} = 8; r_{is5} = 19; r_{is6} = 8.$$

По результатам опроса экспертов в группе утечек, зависящих от физико-технических свойств газа и окружающей среды, получены суммы рангов для каждого из факторов:  $r_{is1} = 10; r_{is2} = 9; r_{is3} = 21; r_{is4} = 20$ . По результатам опроса экспертов в группе неучтенного газа, зависящего от состояния учета, получены суммы рангов для каждого из факторов:  $r_{is1} = 15; r_{is2} = 25; r_{is3} = 10$ . Проведена оценка математического ожидания для каждой группы факторов:  $\bar{r}_1 = 17,5; \bar{r}_2 = 15; \bar{r}_3 = 25$ . Рассчитан коэффициент конкордации  $W$ , значение которого должно быть больше заданного  $W_3$  ( $W > W_3$ ). Обычно  $W_3 = 0,5$ , т.е. при  $W > 0,5$  выводы экспертов согласованы в большей мере, чем не согласованы. Таким образом, коэффициент конкордации для каждой из групп:  $W_1 = 0,670857; W_2 = 0,976; W_3 = 0,881333$  [1].

Таблица 1

Результаты ранжирования факторов

Утечки газа из газопроводов	Э № 1	Э № 2	Э № 3	Э № 4	Э № 5
На стыковых соединениях	4	3	3	5	6
Через раковины в полиэтиленовых и стенки асбестоцементных труб	5	5	4	6	5
Коррозия труб	6	6	5	4	3
Повреждения землеройными механизмами	2	1	2	1	2
Утечки в арматуре	3	4	6	2	4
Эксплуатационные работы	1	2	1	3	1

### Теоретико-множественная модель

Интерпретацией результатов будет служить теоретико-множественная модель [7–8]. Опишем подробно группы подмножеств, представленных в формуле (1) множества неучтенного газа и утечек.

Подмножество  $G$  – совокупность факторов возникновения утечек природного газа:

$$G = \{g_1, g_2, g_3, g_4, g_5, g_6\}, \quad (1)$$

где  $g_1$  – фактор возникновения утечки на стыковых соединениях;  $g_2$  – фактор возникновения утечки через раковины в полиэтиленовых и стенки асбестоцементных труб;  $g_3$  – фактор возникновения утечки в результате коррозии труб;  $g_4$  – фактор возникновения утечки в результате повреждения газопровода землеройными механизмами;  $g_5$  – фактор возникновения в результате утечки в арматуре;  $g_6$  – фактор возникновения утечки в результате проведения эксплуатационных работ.

Подмножество  $F$  представляет собой совокупность факторов, влияющих на возникновение утечек в результате изменения физико-технических свойств газа и окружающей среды:

$$F = \{f_1, f_2, f_3, f_4\}, \quad (2)$$

где  $f_1$  – фактор возникновения утечки в результате изменения температуры газа;  $f_2$  – фактор возникновения утечки в результате изменения давления газа;  $f_3$  – фактор возникновения утечки в результате изменения влажности газа;  $f_4$  – фактор возникновения утечки в результате изменения плотности газа.

Подмножество  $W$  представляет собой совокупность факторов влияющих на возникновение неучтенного газа из-за состояния учета:

$$W = \{w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8, w_9\}, \quad (3)$$

где  $w_1$  – фактор возникновения неучтенного газа в результате неточного или неправильного измерения температуры и давления газа и окружающей среды;  $w_2$  – фактор возникновения неучтенного газа в результате усреднения данных показаний измерительных приборов за слишком продолжительный промежуток времени, в течение которого расход сильно колеблется;  $w_3$  – фактор возникновения неучтенного газа в результате неточного определения или пренебрежения поправками, которые необходимо вводить в расчетные формулы;  $w_4$  – фактор возникновения неучтенного газа в результате неправильного или неточного определения фактической плотности учитываемого газа;  $w_5$  – фактор возникновения неучтенного газа в результате несоответствия уч-

тенного счетчиками газа фактическому расходу, из-за чего при малом расходе счетчик дает заниженные показания или вообще не работает;  $w_6$  – фактор возникновения неучтенного газа в результате неправильного подбора диафрагм или дифманометров при измерении расходомерами, из-за чего перо «зашкаливает» или запись ведется в нижней части картограммы;  $w_7$  – фактор возникновения неучтенного газа в результате несвоевременного обнаружения счетчиков, дающих неправильные показания;  $w_8$  – фактор возникновения неучтенного газа в результате неправильной записи расхода газа по показаниям счетчиков;  $w_9$  – фактор возникновения неучтенного газа в результате технических и арифметических ошибок при обработке картограммы и при подсчетах.

Используя формулу  $P = \frac{\sum r_{is}}{r_{is}}$ , рассчитаем

веса каждого фактора в группе. Произведя вычисления, построим диаграмму весов факторов возникновения утечек и неучтенного газа.

### Нечеткая ситуационно-фреймовая модель

Для формализации полученных знаний применим нечеткую ситуационно-фреймовую модель [9]. Модель представлена в виде формализованного образования факторов возникновения утечек и неучтенного газа.

Модель состоит из фреймов. Фрейм имеет определенную внутреннюю структуру, состоящую из множества элементов, называемых слотами, которым также присваиваются имена. Именами слотов будут служить факторы из подмножеств  $G$ ,  $W$ ,  $F$ . Каждый слот представляется определенной структурой данных с конкретным названием фактора возникновения утечки или неучтенного газа. За слотами следуют текущие значения слотов. В значении слота представляется конкретная информация, относящаяся к объекту, описываемому этим фреймом. Значения слотов будут выглядеть как качественные оценки факторов возникновения утечек и неучтенного газа, т.е. «маленькая величина», «средняя величина», «большая величина».

Удобство применения данной модели заключается в том, что значением слота может быть практически что угодно: числа, формулы, тексты на естественном языке или программы, правила вывода или ссылки на другие слоты данного фрейма или других фреймов. В качестве значения слота может выступать набор слотов более низкого уровня, что позволяет реализовывать во фреймовых представлениях «принцип матрешки».

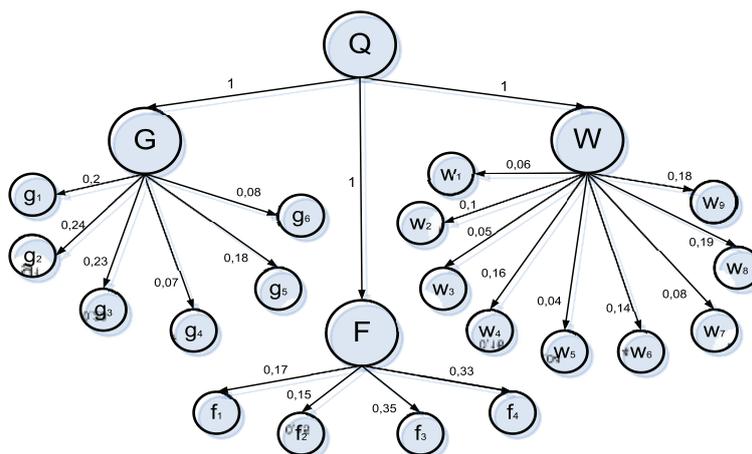


Диаграмма весов факторов модели возникновения утечек и неучтенного газа

Таблица 2  
Типовые ситуации возникновения утечек и неучтенного газа на ЛЧ МГ

$g_1$	средняя величина	0,2
$f_3$	большая величина	0,35
...	...	...
$w_7$	маленькая величина	0,08

Далее следуют демоны. Демоном называется процедура, автоматически запускаемая при выполнении некоторого условия. Демоны автоматически запускаются при обращении к соответствующему слоту. Демон является разновидностью связанной процедуры. Демонами фреймов будут являться весовые показатели факторов, найденные ранее и отраженные в диаграмме на рисунке. Пример структуры фрейма представлен в табл. 2.

Основным преимуществом фреймов как модели представления знаний является то, что она отражает концептуальную основу организации памяти человека, а также ее гибкость и наглядность. Значения слотов представляются в системе в единственном экземпляре, поскольку включаются только в один фрейм, описывающий наиболее понятия из всех тех, которые содержат слот с данным именем. Такое свойство систем фрейма обеспечивает экономное размещение базы знаний в памяти компьютера.

Так как значения слота имеют лингвистическую модификацию, то необходимо описать их при помощи нечеткого множества. Факторы возникновения утечек и неучтенного газа являются лингвистическими переменными. Представим их в виде термножеств. Например:

$g_1 = \{\text{маленькая величина, средняя величина, большая величина}\}$ .

$$g_1 = \left\{ \begin{array}{l} \text{маленькая величина,} \\ \text{средняя величина,} \\ \text{большая величина} \end{array} \right\}.$$

Главной задачей при оперировании с нечеткими множествами является определение функции принадлежности. Введем переменные. Пусть  $K$  – универсальное множество и  $x$  – элемент  $K$ , описывающий лингвистическую переменную фактора возникновения утечки.

$$x = \left\{ \begin{array}{l} x_1 - \text{малая величина;} \\ x_2 - \text{средняя величина;} \\ x_3 - \text{большая величина.} \end{array} \right. \quad (4)$$

В качестве функции принадлежности используем симметричную гауссовскую функцию принадлежности, которая имеет вид

$$\mu_k(x) = e^{-\frac{(x-b)^2}{2c^2}}, \quad (5)$$

Все факторы возникновения утечек и неучтенного газа в физическом выражении обозначают величину объема  $V$ , измеряемую в  $\text{м}^3$ . Из этого следует, что единицей измерения универсального множества и его элементов также будет  $\text{м}^3$ .

**Таблица 3**  
Границы значений универсального множества с указанием значений элементов

$x$ , фактор возникновения утечки или неучтенного газа	$K$ , м <sup>3</sup> /ч	$x_1$ , м <sup>3</sup> /ч	$x_2$ , м <sup>3</sup> /ч	$x_3$ , м <sup>3</sup> /ч
$g_1$	0...350	50	150	330
$g_2$	0...500	100	200	450
$g_3$	0...450	70	180	420
$g_4$	0...100	10	50	90
$g_5$	0...300	30	140	280
$g_6$	0...150	20	70	140
$f_1$	0...10	1	5	8
$f_2$	0...5	0.5	2	4.5
$f_3$	0...25	3	13	24
$f_4$	0...20	2	10	18
$w_1$	0...15	1...5	7	14
$w_2$	0...40	5	20	35
$w_3$	0...10	1	5	9
$w_4$	0...60	6	30	55
$w_5$	0...10	2	5.5	8.5
$w_6$	0...50	4	25	47
$w_7$	0...30	3	15	27
$w_8$	0...80	9	40	75
$w_9$	0...70	8	35	67

Расчет возможных потерь будет точным, если мы будем знать участок исследования, а именно – состав газопровода, его диаметр, давление, наличие сооружений на газопроводе, наличие и перечень измерительных приборов, с указанием их технических характеристик и т.д. Зададим условные границы значений, характеризующие потери за единицу времени м<sup>3</sup>/ч. В табл. 3 указаны возможные значения величины  $x$ .

**Заключение**

Полученные результаты вычислений коэффициента конкордации результатов опроса экспертов по группам свидетельствуют о согласованности суждений экспертов в полной мере, т.к значения коэффициента во всех случаях приближены к 1. Построена теоретико-множественная модель и рассчитаны веса факторов модели множества возникновения утечек и неучтенного газа. Для формализации полученных знаний применена нечеткая ситуационно-фреймовая модель.

**Список литературы**

1. Волкова В.Н., Денисов А.А.. Теория систем. – М.: Высшая школа, 2006. – 511 с.  
 2. Гордюхин А.И., Гордюхин Ю.А.. Измерение расхода и количества газа и его учет. – Л.: Недра, 1987. – 213 с.  
 3. Лытаев Е.П. Системный анализ источников недостоверных показаний при транспортировке газа / Е.П. Лытаев,

И.А. Щербатов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 2. – С. 76–82.

4. Проталинский О.М. Система поддержки принятия решений для операторов слабоформализуемых ТП / О.М. Проталинский, И.А. Щербатов // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 7. – С. 41–45.

5. Проталинский О.М. Оптимальное управление технологическим процессом Клауса в условиях неопределенности / О.М. Проталинский, А.Н. Савельев, И.А. Щербатов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2006. – № 5. – С. 19–25.

6. Щербатов И.А. Управление сложными слабоформализуемыми многокомпонентными системами: монография. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2015. – 268 с.

7. Щербатов И.А., Математические модели сложных слабоформализуемых систем: компонентный подход // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 2 (22). – С. 70–78.

8. Щербатов И.А., Математическое моделирование сложных многокомпонентных систем / И.А. Щербатов, И.О. Проталинский // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2014. – Т. 20. – № 1. – С. 17–26.

9. Shcherbatov I.A., Classification of pure formalized complex multicomponent technical system under conditions of uncertainty // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2012. – № 2. – С. 9–12.

**References**

1. Volkova V.N., Denisov A.A.. Teorija sistem. M.: Vysshaja shkola, 2006. 511 p.

2. Gordjuhin A.I., Gordjuhin Ju.A.. Izmerenie rashoda i kolichestva gaza i ego uchet. L.: Nedra, 1987. 213 p.

3. Lytaev E.P. Sistemnyj analiz istochnikov nedostovernnyh pokazanij pri transportirovke gaza / E.P. Lytaev, I.A. Shcherbatov // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika, 2009. no 2. pp. 76–82.

4. Protalinskij O.M. Sistema podderzhki prinjatija reshenij dlja operatorov slaboformalizuemyh TP / O.M. Protalinskij, I.A. Shcherbatov // Avtomatizacija v promyshlennosti, 2009. no 7 pp. 41–45.

5. Protalinskij O.M. Optimalnoe upravlenie tehnologicheskim processom Klavsa v uslovijah neopredelenosti / O.M. Protalinskij, A.N. Savelev, I.A. Shcherbatov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehniceskie nauki. 2006. no 5. pp. 19a–25.

6. Shcherbatov I.A. Upravlenie slozhnymi slaboformalizuemyimi mnogokomponentnymi sistemami: monografija. Rostov n/D: Izd-vo JuNC RAN, 2015. 268 p.

7. Shcherbatov I.A., Matematicheskie modeli slozhnyh slaboformalizuemyh sistem: komponentnyj podhod // Sistemy. Metody. Tehnologii, 2014. no 2 (22). pp. 70–78.

8. Shcherbatov I.A., Matematicheskoe modelirovanie slozhnyh mnogokomponentnyh sistem / I.A. Shcherbatov, I.O. Protalinskij // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta, 2014. Vol. 20. no 1. pp. 17–26.

9. Shcherbatov I.A., Classification of pure formalized complex multicomponent technical system under conditions of uncertainty // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika, 2012. no 2. pp. 9–12.

**Рецензенты:**

Попов Г.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность», ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань;

Ханова А.А., д.т.н., доцент кафедры «Прикладная информатика в экономике», ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань.

УДК 004.853

## УПРАВЛЕНИЕ КОНТЕНТОМ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

<sup>1</sup>Минасова Н.С., <sup>1</sup>Тархов С.В., <sup>2</sup>Тархова Л.М.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,  
Уфа, e-mail: minasova@mail.ru, tarkhov@inbox.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет»,  
Уфа, e-mail: tarkhova@inbox.ru

В статье рассмотрены модели и методы адаптивного управления контентом учебных дисциплин в электронных информационно-обучающих системах, позволяющие реализовать многовариантные сценарии обучения при изучении графических инженерных дисциплин, а также других дисциплин, читаемых в вузе на технических направлениях подготовки и специальностях, в учебном материале которых содержится большое количество сложных изображений, требующих детального изучения. Описан метод структурирования изображений (чертежей деталей и изделий, схем и структурограмм алгоритмов, рисунков технических объектов и др.) с целью последующей реализации адаптивного управления в системах электронного обучения с использованием многовариантных сценариев со свободными переходами по контенту. Приведены примеры практической реализации описанных моделей и методов адаптивного управления контентом в системах электронного обучения на основе структурирования изображений и применения многовариантных сценариев.

**Ключевые слова:** электронное обучение, структурирование изображений, управление обучением, учебный контент, адаптивное управление, сценарии обучения, подготовка специалистов

## CONTENT MANAGEMENT SUBJECT MATTER IN THE E-LEARNING SYSTEM BASED ON THE METHOD OF STRUCTURING IMAGES

<sup>1</sup>Minasova N.S., <sup>1</sup>Tarkhov S.V., <sup>2</sup>Tarkhova L.M.

<sup>1</sup>Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: minasova@mail.ru, tarkhov@inbox.ru;

<sup>2</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa, e-mail: tarkhova@inbox.ru

The article describes the models and methods of adaptive content management disciplines in the electronic information and training systems that would allow the multiple scenarios of training at studying graphic engineering disciplines, as well as other disciplines read in high school in technical training areas and specialties in educational material that contains a large number of complex images that require detailed study. A method for structuring images (drawings of parts and products, schemes and algorithms structurogramms, drawings and other technical facilities) with the following the implementation of adaptive management in e-learning systems using multiple scenarios with free transitions of content is presented. Examples of practical implementation of the described models and methods of adaptive content management in e-learning systems, based on the structuring of images and the use of multiple scenarios are given.

**Keywords:** e-learning, structuring image, management training, learning content, adaptive management, scenario training, training

В настоящее время создание промышленных изделий, а также разработка программных продуктов и новых технологий немислимы без применения в процессе их проектирования сложных графических моделей – чертежей деталей и изделий, эскизов, схем и структурограмм алгоритмов, рисунков технических объектов и др. При этом современный уровень развития образовательных технологий предполагает широкое применение интерактивных систем электронного обучения, управление в которых реализуется на базе многовариантных сценариев, предоставляющих обучающимся высокую степень самостоятельности в выборе последовательности изучения учебного материала [1, 2]. При этом технологии управления адаптивным электронным обучением позволяют с высокой степенью эффективности реализовать учебный

процесс при использовании гипертекстового контента, в состав которого включены иллюстративные статические и анимированные графические материалы, неделимые с точки зрения структуры контента [5]. Особенностью изучения инженерных дисциплин («Инженерная графика», «Основы САПР», «Алгоритмизация и программирование» и др.) является наличие в составе контента значительного количества графических моделей объектов (чертежей, схем, технических рисунков, трехмерных моделей), которые при изучении необходимо рассматривать как сложно-структурированные объекты. Это требует разработки новых моделей и методов представления и обработки графического учебного контента, а также механизмов управления обучением, учитывающих структуризацию графических изображений.

**Метод структурирования изображений  
графических моделей объектов  
и управление переходами  
по учебному контенту**

Для реализации управления в системах электронного обучения (СЭО) разработана объектная модель формирования учебного контента [1], основанная на глубокой дефрагментации и структурировании материала учебной дисциплины, а также дескрипторно-иерархическая модель [3]. Учебный контент представлен в объектной модели тремя основными категориями. Первая категория – объекты «нулевого» уровня  $O_0 = \{D, I_0, M_0\}$ , представленные в виде неделимых семантических единиц учебно-методической информации (УМИ). Их назначение – хранение данных в системе электронного обучения. Они включают: основную информационную часть объекта «нулевого» уровня  $D \supset \{g \cup p \cup v \cup a\} \cap H$ , позволяющую хранить законченные смысловые фрагменты УМИ (здесь  $g$  – текстовая (гипертекстовая) информация;  $p$  – статическая графическая информация (изображения);  $v$  – анимированная графическая и видеоинформация;  $a$  – аудиоданные, а также набор связанных с фрагментом учебно-методической информации контрольно-измерительных материалов  $H$ ); некоторую дополнительную информацию о содержании объекта «нулевого» уровня  $I_0$ ; методы объекта «нулевого» уровня  $M_0$ . Вторая категория объектов – упорядоченный (скомпанованный) учебно-методический материал (УММ), состоящий из совокупности  $k$  объектов  $n$ -го уровня

$$O_n = \left\{ \sum_{i=1}^k : \{O_{n-1}\}, \{I_n, M_n\}, \{M_{n-1}\} \right\}.$$

Назначение объектов  $n$ -го уровня – операции над данными (структурирование и сборка данных) на основе принадлежащих объектам методов  $M_n$ . Третья категория объектов – агрегативные учебные модули (АУМ)

$$O_{\text{УМ}} = \sum_{j=1}^n : \left\{ \sum_{i=1}^k : \{O_{n-1}\}, \{I_n, M_n\}, \{M_{n-1}\}, \{P_{\text{УМ}}\} \right\} -$$

сформированный для изучения обучающимися учебный контент, включающий  $N$  уровней объектов и дополненный методами управления контентом. При этом между объектами  $O_i = \{D_i, I_i, L_i, P_i\}$  устанавливаются связи  $L_i = \{l_j | j \in N\}$ . Таким образом, как автономный АУМ (скомпилированный АУМ, содержащий всю необходимую для достижения заданной цели обучения УМИ и процедуры ее обработки), так и сетевой АУМ (АУМ, формируемый непосредствен-

но при интерактивном взаимодействии обучающегося с СЭО с использованием технологии адаптивную сборку УМИ) генерируются как упорядоченный набор объектов  $C = \{F\} \rightarrow F = \{O\}$ , хранимых в базе данных СЭО  $A = \{O_i | i \in N\}$ , т.е.

$$\forall F \in C : \{L_1, L_2, L_3, \dots, L_0\} \rightarrow \{O_1, O_2, O_3, \dots, O_0\}.$$

В системах электронного обучения при наличии в учебном материале сложных графических изображений (рисунков) и необходимости изучения отдельных структурных компонентов этих изображений процесс управления обучением можно реализовать с помощью одного из двух возможных подходов. В первом случае применяется выделение областей на изображении и их обозначение текстовой надписью или числом. При этом не требуется реализация каких-либо переходов по контенту в СЭО, поскольку под рисунком приводится поясняющий текст. Такой подход к работе с учебным контентом в СЭО является полным аналогом работы обучающегося с «бумажным» учебником и он фактически не дает никаких преимуществ от использования технологий электронного обучения. Во втором случае, который реализуется исключительно в СЭО, могут быть использованы карты разметки графических образов. Они позволяют реализовать управление обучением на основе использования «всплывающих» подсказок, информационных окон и организации переходов по учебному контенту в СЭО с помощью гиперссылок, связанных с выделенными областями на изображении (рис. 1). Как показали проводимые нами исследования, карты разметки графических образов позволяют применить более эффективные технологии управления электронным обучением на основе многовариантных сценариев со свободными переходами по контенту. Для этого описанный выше объектный подход необходимо модифицировать, не нарушая общую структуру хранимых в СЭО объектов  $A = \{O_i | i \in N\}$  и их взаимосвязи  $O_i = \{D_i, I_i, L_i, P_i\}$ .

Создадим новую подкатегорию объектов – дочерний объект «первого» уровня  $O_1^{map} = \{D\{F \cap H\}, I_1, M_1\}$ , непосредственно связанный с родительским объектом  $O_0$  и содержащий изображение  $F$ , дефрагментированное на  $K$  областей (прямоугольных, круглых и полигональных) с использованием технологии карт разметки графических образов [4]. Основная информационная часть дочернего объекта  $O_1^{map}$  будет представлена как

$$D^{map} \supset \{F_i | i \in K : \{g_j \cup p_j \cup v_j \cup a_j\} \cap H_j | j \in K\}.$$

При этом многовариантный сценарий управления обучением в интерактивной СЭО реализуется на основе свободных переходов по контенту АУМ (рис. 2).

при известном состоянии обучающей среды  $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_L)^m$  и имеющихся ресурсах  $R = (r_1, r_2, r_3, \dots, r_L)^m$  СЭО, определяемых на каждом шаге выполнения алгоритма



Рис. 1. Переходы по учебному контенту на основе карт разметки

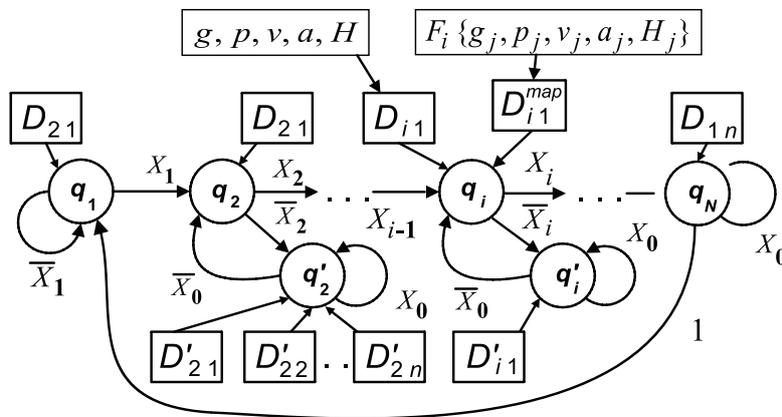


Рис. 2. Граф многовариантных сценариев на основе карт разметки графических образов

В каждый момент времени состояние системы при взаимодействии обучающегося с АУМ представим как  $\bar{S} = (Q, X, Z, \delta, \lambda, q)$ , где  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m, \dots, q_M\}$  – множество состояний обучающегося;  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_N\}$  – множество обучающих воздействий;  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_k, \dots, z_K\}$  – множество новых знаний и умений, полученных обучающимся;  $\delta: Q \times X \rightarrow Q$  – функция перехода обучающегося в новое состояние при внешнем обучающем воздействии  $X$ ;  $\lambda: Q \times X \rightarrow Z$  – функция выходов обучающегося как реакция от состояния при внешнем обучающем воздействии  $X$  в процессе работы с АУМ;  $D_{ij} = \{g_{ij}, p_{ij}, v_{ij}, a_{ij}\}$  – учебный контент, включенный в состав учебных объектов. Показанный на рис. 2 фрагмент графового сценария позволяет реализовать параметрическое управление обучением  $\langle X, Y, Z^*, R \rangle \rightarrow U^* \rightarrow Y^*$ , направленное на достижение заданной цели обучения  $Z^* = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_L)^m$  и перевод объекта управления (обучающегося) в некоторое искомое состояние  $Y^* = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_L)^m$  с использованием нечеткого алгоритма управления  $U^* = A(X, Y_p, Y_s, Z^*, R)$

управления обучением, в первую очередь набором объектов  $C = \{F\} \rightarrow F = \{O\}$  в УММ.

Применение карты разметки графических образов хорошо зарекомендовало себя при реализации методики обучения на примерах, показавшей достаточно высокую эффективность на практике. Многовариантные сценарии предусматривают использование для управления в интерактивных СЭО всплывающих подсказок и окон с поясняющим контентом, который, как было показано выше, может содержать гипертекст  $g$  и любые другие объекты (графику  $p$  и  $v$ , аудио- и видеоданные  $a$ ). При этом, в случае необходимости, обучающийся может реализовать необходимый с его точки зрения переход из всплывающего окна с поясняющим контентом к связанному с ним гиперссылками УММ – объекту  $n$ -го уровня  $O_n$ .

#### Практическое применение предложенного подхода

Рассмотрим практическую реализацию моделей и методов представления учебного контента, позволяющих реализовать много-

вариантные сценарии управления в СЭО при изучении графических инженерных дисциплин, читаемых в вузе на технических направлениях подготовки и специальностях, на примере электронного учебного пособия по инженерной графике, модуль «Нанесение размеров на чертежах» [6]. Учебное пособие реализовано в виде скомпилрованного электронного учебного модуля (ЭУМ), созданного с применением методов и технологий, представленных в работе [2]. Модуль «Нанесение размеров на чертежах» включает в свой состав комплект гипертекстовых электронных УММ, а также программные процедуры управления интерактивным обучением и сборки контента по результатам контроля усвоения материала на основе тестирования, что позволяет реализовать технологии адаптивного обучения. Теоретический материал ЭУМ включает 18 основных разделов: «Размеры. Основные сведения»; «Размерные и выносные линии»; «Способы простановки размеров» и др., в которых содержится иллюстрированное изложение требований ГОСТ 2.307-68 «Нанесение размеров и предельных отклонений» (в целом в ЭУМ более 100 графических объектов УМИ).

го обучения» содержит чертежи деталей, структурированные на базе карт разметки графических образов [4], позволяющие с использованием программных средств управления контентом (методов объектов УМИ), реализующих многовариантные сценарии, открывать всплывающие окна с поясняющим материалом и гиперссылками на соответствующие разделы теоретического материала (правила и требования ГОСТ 2.307-68). На рис. 3, иллюстрирующем использование карт разметки графических образов (области на изображении выделены зеленым цветом) при использовании методики обучения на примерах, одновременно показаны всплывающая подсказка «Размерные и выносные линии» и всплывающее окно с поясняющим контентом «Размерные и выносные линии», в котором размещена гиперссылка для перехода к соответствующему разделу теоретического материала. В ЭУМ указанные элементы предоставляются последовательно. В разделе ЭУМ «Средства интерактивного разбора типовых ошибок» приводятся чертежи деталей, на которых показаны типовые ошибки, допускаемые обучающимися в процессе выполнения чертежей.

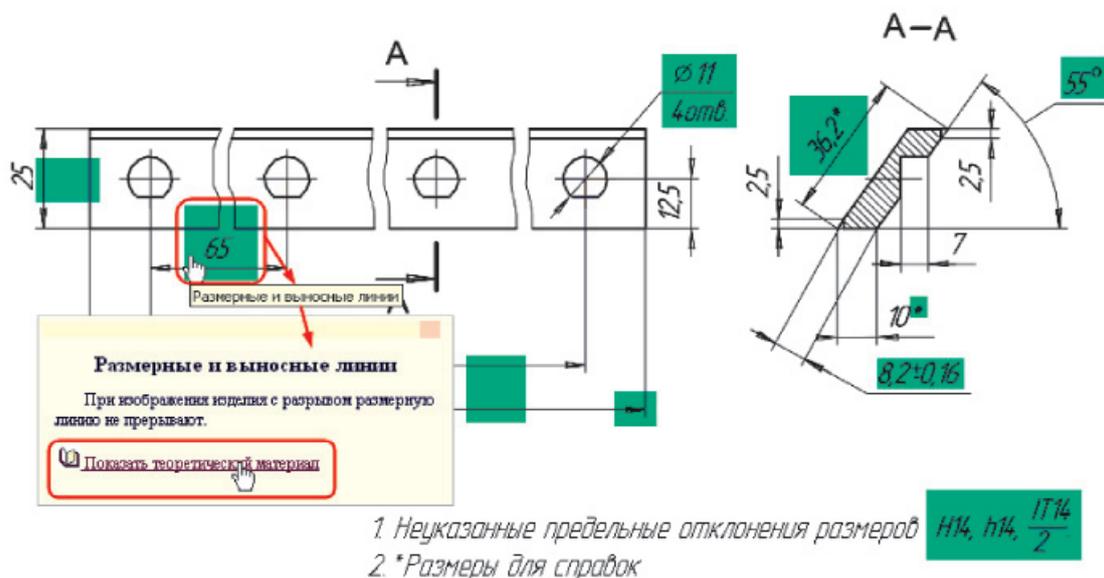


Рис. 3. Использование карт разметки графических образов при изучении учебного материала

В разделе ЭУМ «Литература» содержится аннотированный перечень литературы по теме «Машиностроительное черчение», «Нанесение размеров и предельных отклонений». Особый интерес с точки зрения реализации управления контентом представляют описанные ниже разделы. Так, раздел ЭУМ «Средства интерактивно-

В этом разделе размещены попарно сгруппированные чертежи деталей (рис. 4).

Слева помещен чертеж с показанными на нем типовыми ошибками при простановке размеров (области выделены красным цветом), а справа – чертеж выполненный с соблюдением требований ЕСКД (области выделены зеленым цветом).

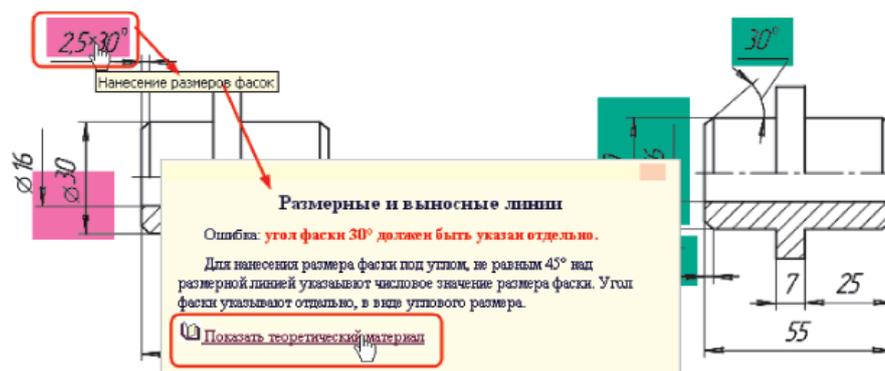


Рис. 4. Использование карт разметки графических образов при разборе типовых ошибок

Раздел ЭУМ «Вопросы и ответы по рассматриваемой теме», построенный по принципу FAQ, содержит более 50 вопросов и ответы на них. Раздел ЭУМ «Интерактивные тесты» позволяет проконтролировать степень усвоения учебного материала с использованием тестовых заданий закрытого и открытого типов. В режиме «Тестирование с обучением» обучающемуся предоставляется возможность воспользоваться помощью и подсказками, а также посмотреть теоретический материал. В этом случае после прохождения теста обучающемуся предоставляется детальный разбор результатов и собирается (компилируется) не усвоенный им теоретический материал для дальнейшего изучения.

#### Заключение

Для обеспечения возможности детального изучения компонентов графических моделей сложных изделий и процессов в системах электронного обучения разработан модифицированный метод объектного хранения учебно-методической информации, основанный на структурировании изображений с использованием карт разметки. Разработанный метод позволяет реализовать адаптивное управление в системах электронного обучения с использованием многовариантных сценариев со свободными переходами по контенту. Применение описанного метода при изучении графических инженерных дисциплин показало его высокую эффективность – качество усвоения учебного материала при самостоятельной работе обучающихся повысилось в среднем на 20–25%.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-07-02393.

#### Список литературы

1. Кабальнов Ю.С., Минасов Ш.М., Тархов С.В. Применение мультиагентных систем электронного обучения в гетерогенных информационно-образовательных средах. – М.: Изд-во МАИ, 2007. – 271 с.
2. Минасова Н.С. Модели и алгоритмы программных инструментальных средств генерации и функционирования автономных интерактивных учебных модулей // Системы управления и информационные технологии. – М./Воронеж: Научная книга, 2006. – № 2.1(24). – С. 161–164.

3. Минасова Н.С. Организация информационного контента в системе управления персоналом // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12985> (дата обращения: 12.05.2015).

4. Минасова Н.С., Тархов С.В., Тархова Л.М. Использование карт разметки графических образов для управления учебным контентом // Информационные технологии моделирования и управления. Воронеж: Научная книга, – 2006. – № 3 (28). – С. 301–306.

5. Тархов С.В. Адаптивное электронное обучение и оценка его эффективности // Открытое образование. – 2005. – № 5. – С. 37–48.

6. Тархов С.В., Тархова Л.М. Нанесение размеров на чертежах деталей. Электронное учебное пособие по инженерной графике // Свидетельство об официальной регистрации в объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование». № 17068 от 10.05.2011.

#### References

1. Kabalnov J.S., Minasov Sh.M., Tarhov S.V. Primenenie multiagentnykh sistem jelektronnogo obucheniya v geterogennykh informacionno-obrazovatelnykh sredah. M.: Izd-vo MAI, 2007. 271 p.
2. Minasova N.S. Modeli i algoritmy programmykh instrumentalnykh sredstv generacii i funkcionirovaniya avtonomnykh interaktivnykh uchebnykh modulej // Sistemy upravleniya i informacionnye tehnologii. Moskva-Voronezh: Nauchnaja kniga, 2006. no. 2.1(24). pp. 161–164.
3. Minasova N.S. Organizacija informacionnogo kontenta v sisteme upravleniya personalom // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. no. 2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12985> (data obrashheniya: 12.05.2015).
4. Minasova N.S., Tarhov S.V., Tarhova L.M. Ispolzovanie kart razmetki graficheskikh obrazov dlja upravleniya uchebnym kontentom // Informacionnye tehnologii modelirovaniya i upravleniya. Voronezh: Nauchnaja kniga, 2006. no. 3 (28). pp. 301–306.
5. Tarhov S.V. Adaptivnoe jelektronnoe obuchenie i ocenka ego jeffektivnosti // Otkrytoe obrazovanie. 2005. no. 5. pp. 37–48.
6. Tarhov S.V., Tarhova L.M. Nanesenie razmerov na chertezhah detalj. Jelektronnoe uchebnoe posobie po inzhenernoj grafike // Svidetelstvo ob oficialnoj registracii v ob#edinennom fonde jelektronnykh resursov «Nauka i obrazovanie». no. 17068 ot 10.05.2011 g.

#### Рецензенты:

Месропян А.В., д.т.н., доцент, начальник управления научно-исследовательских работ, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа;

Аипов Р.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой электрических машин и электрооборудования, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа.

УДК 697.94 + 699.87

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФИЛЬТРОВЕНТИЛЯЦИИ

**Некрасов И.Н., Моторин В.М., Глуханов А.С.**

*ФГКВОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»,  
Санкт-Петербург, e-mail: vka@mail.ru*

В статье исследуется вопрос построения математической модели диагностирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха. В принятом подходе к построению моделей учтен случайный характер появления отказов в данных системах. В связи с этим на множестве видов технических состояний используется дискретное распределение вероятностей. Для получения решений о техническом состоянии систем вентиляции и кондиционирования воздуха необходима разработка таких программ диагностирования, которые описывают последовательность логических условий и переходов в процессе принятия решений. Выполнена формализация последовательности выполнения проверок контролируемых признаков и сформулирована общая постановка задачи оптимизации процесса принятия решений о техническом состоянии систем специальной фильтровентиляции. Сформирована структура целевой функции и ограничений на ресурсы при оптимизации по критерию максимума средней вероятности принятия правильного решения о техническом состоянии систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

**Ключевые слова:** техническое диагностирование, контролируемый признак, проверка, программа диагностирования, система вентиляции и кондиционирования воздуха

## MATHEMATICAL MODEL DIAGNOSIS CATERS FILTRATION SYSTEMS

**Nekrasov I.N., Motorin V.M., Glukhanov A.S.**

*Mozhaisky Military Space Academy, Sankt-Petersburg, e-mail: vka@mail.ru*

The article explores a mathematical model of diagnosing ventilation and air-conditioning. The adopted approach to the construction of models accounted for the random nature of failures in these systems. In this regard, the plurality of types of technical state uses a discrete probability distribution. For decisions on the technical condition of ventilation and air-conditioning is necessary to develop such programs diagnosis that describes a sequence of logical conditions and transitions in the decision-making process. Made formalization sequence checks are performed controlled symptoms and formulated the general problem of optimization of the decision making process on the technical condition of special systems Filtration systems. A structure of the objective function and constraints on resources in the optimization criterion of the maximum average probability of making the right decision about the technical condition of ventilation and air-conditioning.

**Keywords:** technical diagnostics, controlled sign, verification, software diagnostics, ventilation and air-conditioning

Важнейшей составляющей в общем комплексе мероприятий по повышению надежности систем вентиляции и кондиционирования воздуха (СВ и КВ) объектов космической инфраструктуры является совершенствование процесса их эксплуатации, в частности технического обслуживания. Но эффективная организация технического обслуживания невозможна без информации о фактическом техническом состоянии оборудования, т.е. без проведения контроля и диагностирования. Необходимы разработка и внедрение современного методического и аппаратного обеспечения получения объективной информации о состоянии СВ и КВ.

**Цель исследования** заключается в построении математической модели диагностирования как основы методики диагностирования СВ и КВ по параметрам основных рабочих процессов.

### Исходные предположения и допущения метода исследования

Для разработки математического и методического обеспечения диагностирования СВ и КВ применены как методы параметрической статистики для определения допустимых пределов изменения контролируемых признаков (КП) на нижележащих уровнях иерархии системы, так и методы теории распознавания образов. Указанные методы позволяют формировать изображения видов технического состояния СВ и КВ, соответствующие отказам подсистем и функциональных элементов (ФЭ) посредством реализации процедуры обучения при отсутствии сведений о законе распределения значений КП.

В ходе исследований по каждому виду технического состояния СВ и КВ получена обучающая выборка

$$\{S_k^i | k = \overline{1, N_i}\}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

а координаты  $e_{ij}$  изображений выражены как среднее арифметическое соответствующих координат элементов выборки

$$e_{ij} = \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} s_{kj}^i, \quad e_{ij} \in [-1, 1],$$

$$i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

### Разработка модели

Применение выражения (2) позволяет получить изображения

$$E_i^* = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in})^T, \quad i = \overline{1, m},$$

которые наилучшим образом (с точки зрения достоверности диагностирования) описывают свойства каждого вида ТС.

Кроме того? в работе предложен способ уточнения изображений на основе процедуры дообучения посредством использования дополнительной диагностической информации

$$\{S_k^i | k = \overline{N_i + 1, N_i}\}, \quad (3)$$

где  $S_k^i$  в выборке (3) – дополнительные обучающие образы, полученные на этапе эксплуатации системы контроля и диагностирования.

Адаптированное (уточненное) изображение  $i$ -го вида технического состояния СВ и КВ определяется выражением

$$E_i' = \frac{1}{N_i} \sum_{k=1}^{N_i} s_{kj} + \frac{1}{N_i' - N_i} \sum_{k=1}^{N_i' - N_i} s_{kj}. \quad (4)$$

Решающие правила, применяемые в теории распознавания образов, для задач контроля и диагностирования СВ и КВ в исходном виде неприменимы. Необходимо их доработка с учётом особенностей целевого содержания указанных задач и применяемых методов распознавания. Выделяются два метода распознавания – комбинационный и последовательный. При комбинационном распознавании решение принимается на основе анализа результатов всех проверок из заданного множества, которые могут выполняться в произвольном порядке. При последовательном распознавании соблюдается некоторая очерёдность выполнения проверок.

Для каждого из рассматриваемых методов распознавания разработаны решающие правила. При диагностировании СВ и КВ последовательным методом указанное правило имеет вид

$$\pi_j = \pi^{r_{ij}}, \text{ если } \begin{cases} |y_j - e_{ij}| = \min_{f=1, m} \{|y_j - e_{if}|\}, \\ \min_{f=1, m} \{e_{if}\} \leq y_{ij} \leq \max_{f=1, m} \{e_{if}\} \end{cases} \quad (5)$$

или

$$\frac{1}{2(m-1)} \max_{\substack{p, f=1, m \\ p \neq f}} \{|e_{pj} - e_{if}|\} \geq \begin{cases} y_j - e_{ij}, & \text{если } y_j > \max_{k=1, m} \{e_{kj}\}, \\ |y_j - e_{ij}|, & \text{если } y_j < \min_{k=1, m} \{e_{kj}\}, \end{cases} \quad (5')$$

где  $\pi^{r_{ij}}$  – исход проверки;  $r_{ij} = \overline{1, \omega_j}$ ;  $y_j$  – текущее значение  $j$ -го контролируемого признака;  $e_{ij}$  –  $j$ -я координата изображения  $i$ -го вида ТС.

Преимущество решающего правила (5) перед известными в том, что оно инвариантно к физической природе характеристик выходных процессов СВ и КВ. Это обеспечивает возможность унификации описания процесса принятия решений о ТС любого объекта из состава СВ и КВ.

Предложено формальное описание последовательности выполнения проверок КП, в рамках которого процесс диагностирования рассматривается как случайный эксперимент.

Если в качестве эффективности рассматриваемого процесса принимается достоверность решений о ТС, соотношённая с затратами динамических ресурсов, то в качестве показателя эффективности может быть принята средняя вероятность  $ED$  получения правильного решения с учётом ограничений на указанные виды ресурсов. Оптимизационная задача в данном случае заключается в нахождении упорядоченных подмножеств  $\pi_i \subseteq \Pi$ ,  $i = \overline{1, m}$ , таких, что

$$ED = \max_{p \in m\Pi} \left\{ \sum_{i=1}^m P(E_i) \left( \prod_{\pi_j \in \Pi_i} \gamma_{ii}(\pi_j) \right)_p \right\};$$

$$\sum_{i=1}^m P(E_i) \sum_{\pi_j \in \Pi_i} t(\pi_j) \leq M_t; \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m P(E_i) \sum_{\pi_j \in \Pi_i} c(\pi_j) \leq M_c,$$

где  $P(E_i)$  – вероятность  $i$ -го вида ТС;  $\gamma_{ii}(\pi_j)$  – величины, определяемые через вероятности ошибок первого и второго рода  $j$ -й проверки;  $M_t$ ,  $M_c$  – максимально допустимые расходы временного и трудового ресурсов соответственно;  $t(\pi_j)$ ,  $c(\pi_j)$  – затраты времени и трудовых ресурсов на выполнение  $j$ -й проверки;  $m\Pi$  – множество перестановок на множестве проверок.

Средняя вероятность принятия правильного решения о техническом состоянии СВ и КВ находится из выражения

$$ED = \prod_{k=1}^3 ED_k, \quad (7)$$

где  $ED_k$  – средняя вероятность принятия правильного решения на  $k$ -м уровне.

При этом справедливы выражения

$$ED_1 = \prod_{j=1}^5 (1 - \alpha_j); \quad ED_2 = \prod_{\pi_j \in \Pi_2} (1 - \gamma_{if}(\pi_j)); \quad ED_3 = \prod_{\pi_j \in \Pi_3} (1 - \gamma_{if}(\pi_j)), \quad (8)$$

где  $\alpha_j$  – вероятность ошибки первого рода  $j$ -й проверки;  $\Pi_2, \Pi_3$  – множество проверок КП на втором и третьем уровнях;  $\beta_j$  – вероятность ошибки второго рода  $j$ -й проверки;

$$\gamma_{if}(\pi_j) = \begin{cases} 1 - \alpha_j & \text{если } |y_{ij} - e_{ij}| = \min_{f=0, \overline{m}} \{|y_{ij} - e_{if}|\}, \quad i = 0; \\ 1 - \beta_j & \text{если } |y_{ij} - e_{ij}| = \min_{f=1, \overline{m}} \{|y_{ij} - e_{if}|\}, \quad i = \overline{1, m}; \\ \alpha_j & \text{если } |y_{ij} - e_{ij}| = \min_{f=1, \overline{m}} \{|y_{ij} - e_{if}|\}, \quad i = 0; \\ \beta_j & \text{если } |y_{ij} - e_{ij}| = \min_{f=1, \overline{m}} \{|y_{ij} - e_{if}|\}, \quad f = 0. \end{cases}$$

В целях формирования обучающей выборки о работоспособном состоянии СВ и КВ были проведены экспериментальные исследования на лабораторном образце кафедры «Системы жизнеобеспечения объектов наземной космической инфраструктуры» ВКА имени А.Ф. Можайского. Математическая модель диагностирования (поиска отказов) разработана как с использованием обучающей выборки о работоспособном состоянии СВ и КВ, так и экспериментальных данных по отказам. Посредством машинной реали-

зации процесса обучения построены изображения всех видов технического состояния СВ и КВ в виде векторов числовых величин. При этом использовались как экспериментальные данные, так и обучающие образы, полученные путём имитационного моделирования. На множестве видов ТС задано дискретное распределение вероятностей. Определены регрессионные зависимости КП второго уровня от входных воздействий этого же уровня СВ и КВ, функционирующей в режиме фильтрации (табл. 2).

Таблица 1

Математическая модель контроля работоспособности СВ и КВ

№ п/п	Регрессионная зависимость $y_j = f(u_i)$	Вычисленное значение $F$	Критическое значение $F$
1	$y_7 = 37,2 + 0,84u_3 - 1,83u_3^3$	95,6	6,1
2	$y_9 = 1,93u_1^2 + 2,2u_4^2 - 0,6u_4 - 73,25u_3 + 41,03$	101,2	5,8
3	$y_{23} = 3,24u_8^2 - 18,7u_8 + 47,71$	37,2	6,1

Таблица 2

Регрессионные зависимости КП от входных переменных для СВ и КВ, функционирующей в режиме фильтрации

№ п/п	Регрессионная зависимость $y_j = f(u_i)$	Вычисленное значение $F$	Критическое значение $F$
1	$y_4 = 33,7 + 10,35u_1 - 0,64u_3^2$	95,6	6,1
2	$y_{19} = 73,4 - 0,114u_1$	110	5,4
3	$y_1 = 37,2 + 0,84u_3 - 1,83u_3^3$	540	6,1
4	$y_3 = 410,4 + 0,84u_1 - 2,12u_1^2$	210	6,1
5	$y_6 = 215,2 + 0,27u_1 - 0,48u_1^2$	123	6,1
6	$y_2 = 22,7 - 40,8u_1 + 33,4u_1^2$	245	6,1
7	$y_{22} = 2,1 - 17,4u_2 + 0,41u_2^2$	225	6,1
8	$y_{24} = 45,4 + 2,15u_3 - 0,42u_3^2$	54	6,1
9	$y_{20} = 0,43u_1^2 + 4,5u_4^2 - 11,4u_4 - 47,35u_3 + 77,4$	101,2	5,8
10	$y_{10} = 7,03u_1^2 - 22,6u_1 - 819,3$	211	6,1
11	$y_{11} = 0,43u_1^2 - 11,4u_1 - 707,4$	140	6,1
12	$y_{25} = 2,6u_1^2 + 3,7u_2^2 - 1,32u_1 - 4,58u_2 + 7,7$	150	5,8

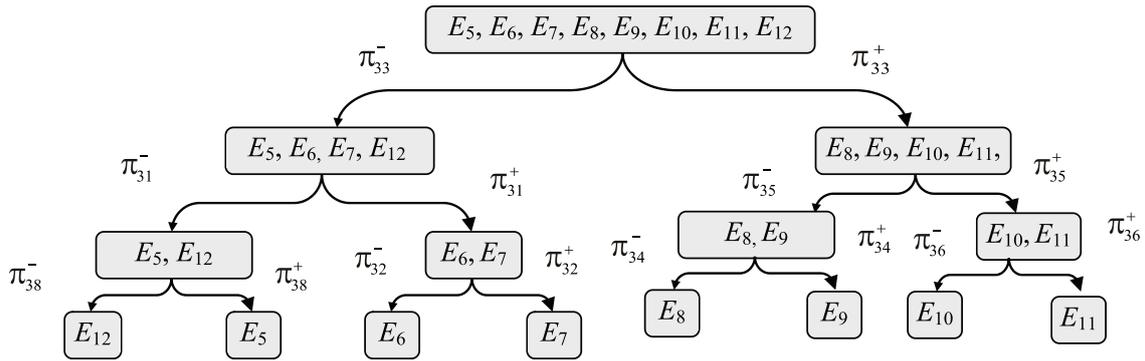


Рис. 1. Гибкая программа диагностирования системы специальной фильтровентиляции (третий уровень)

На основе полученных результатов построена гибкая программа диагностирования на третьем уровне иерархии (рис. 1), оптимальная по критерию максимума средней вероятности получения правильного решения о техническом состоянии СВ и КВ. При разработке программы реализовывалось решающее правило (5). Данная программа представляет собой составную часть модели, но одновременно является выходным документом по организации диагностирования, т.е. методическим обеспечением указанных работ.

На основе изложенной последовательности определения технического состояния СВ и КВ и её реализации на оборудовании конкретного типа разработана блок-схема

методики контроля и диагностирования (рис. 2). Она отражает все этапы подготовки исходных данных, их обработки, построения математического обеспечения, проверки его адекватности и принятия решений о техническом состоянии СВ и КВ, а также взаимосвязь этих этапов между собой. Применение методики для контроля и диагностирования СВ и КВ на других объектах космической инфраструктуры требует реализации только части этапов по формированию обучающей выборки о работоспособном состоянии СВ и КВ и вычислению коэффициентов регрессии. Необходимость в построении второго и третьего уровней модели, определении структуры уравнений регрессии отпадает.

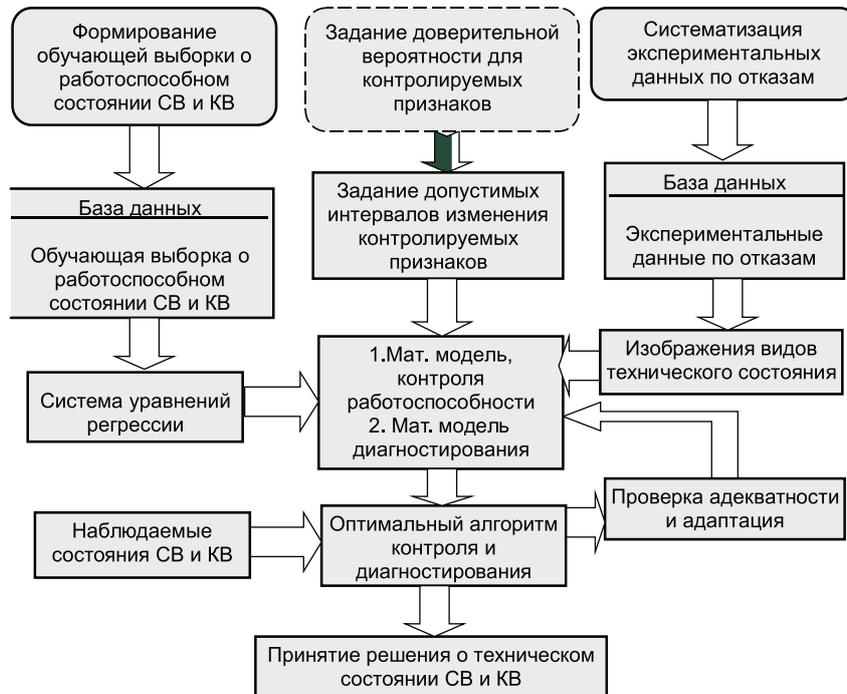


Рис. 2. Блок-схема методики контроля и диагностирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха

### Выводы

В принятом подходе к построению моделей учитывается случайный характер появления отказов СВ и КВ. В связи с этим на множестве видов ТС используется дискретное распределение вероятностей. Для получения решений о техническом состоянии СВ и КВ необходима разработка таких программ диагностирования, которые описывают последовательность логических условий и переходов в процессе принятия решений. Выполнена формализация последовательности выполнения проверок КП и сформулирована общая постановка задачи оптимизации процесса принятия решений о техническом состоянии СВ и КВ. Сформирована структура целевой функции и ограничений на ресурсы при оптимизации по критерию максимума средней вероятности принятия правильного решения о техническом состоянии СВ и КВ.

### Список литературы

1. Айвазян С.Л. Прикладная статистика и основы эконометрики / С.Л. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
2. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с англ. О.В. Шихеевой. – М.: Радио и связь, 1989. – 179 с.
3. Беллман Р. Динамическое программирование и современная теория управления: пер. с англ. / под ред. Б.С. Разумихина / Р. Беллман, Р. Калаба. – М.: Наука, 1969. – 118 с.
4. Кокорин О.Я. Установки кондиционирования воздуха. – М.: Машиностроение. 1978. – 263 с.
5. Некрасов И.Н. Ограничения в задачах построения оптимальных алгоритмов определения технического состояния / И.Н. Некрасов, В.И. Сеньченков // Приборостроение. Издание СПбНИУИТМО. – 2014. – Т. 57, № 10. – С. 5–11.

6. Пархоменко П.П., Согомонян Е.С. Основы технической диагностики: Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства. – М.: Энергия, 1981. – 320 с.

7. Резников Б.А. Системный анализ и методы системной техники. Ч.1. Методология системных исследований. Моделирование сложных систем. – МО, 1989. – 522 с.

8. Ту Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М.: Мир, 1978. – 411 с.

### References

1. Ajvazjan, S.L. Prikladnaja statistika i osnovy jekonometriki / S.L. Ajvazjan, V.S. Mhitarjan. M.: JuNITI, 1998. pp. 1022.
2. Bandi, B. Metody optimizacii. Vvodnyj kurs: Per. s angl. O.V. Shihеevoj / B. Bandi / – M.: Radio i svjaz, 1989. pp. 179.
3. Bellman R. Dinamicheskoe programmirovanie i sovremennaja teorija upravlenija: Per. s angl. / Pod red. B.S. Razumihina / R. Bellman, R. Kalaba. M.: Nauka, 1969. p. 118.
4. Kokorin, O.Ja. Ustanovki kondicionirovanija vozduha. M.: Ma-shinostroenie. 1978. pp. 263.
5. Nekrasov I.N. Ogranichenija v zadachah postroenija optimalnyh algoritmov opredelenija tehničeskogo sostojanija / I.N. Nekrasov, V.I. Senchenkov // Priborostroenie.: Izdanie SPbNIUITMO.–2014. T.57, no. 10. pp. 5–11.
6. Parhomenko P.P., Sogomonjan E.S. Osnovy tehničeskoj diagnostiki: Optimizacija algoritmov diagnostirovanija, apparaturnye sredstva. M.: Jenergija, 1981. pp. 320.
7. Reznikov B.A. Sistemnyj analiz i metody sistemotehniki. Ch.1. Metodologija sistemnyh issledovanij. Modelirovanie slozhnyh sistem. MO, 1989. p. 522.
8. Tu Dzh. Principy raspoznavanija obrazov / Dzh. Tu, R. Gonsales. M.: Mir, 1978. pp. 411.

### Рецензенты:

Сеньченков В.И., д.т.н. профессор, ФГКВБОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны РФ, г. Санкт-Петербург;  
 Авсюкевич Д.А., д.т.н., профессор, ФГКВБОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны РФ, г. Санкт-Петербург.

УДК 355.5: 358.423

## К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ

**Федоренко В.С., Галушка С.А., Семоненко Ю.Ф.**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, e-mail: enoti0070@mail.ru*

Проведен анализ требований руководящих документов, регламентирующих порядок определения уровня подготовки авиационных специалистов летного профиля. Проблема достижения высокого профессионализма авиационных специалистов особо остро проявляется с учетом современного состояния авиационной техники и оружия, снижения уровня подготовки летного и руководящего состава авиационного персонала. По сравнению с гражданской авиацией, в военной имеется высокая потребность обучать авиационных специалистов применению авиационного вооружения, что обусловлено высокочатратным обучением. Если основными задачами гражданской авиации являются перевозка пассажиров и грузов, то в военной авиации к ним добавляется применение оружия для подготовки и ведения военных действий одиночно или группами самолетов. Все это свидетельствует о необходимости поиска более дешевых и достаточно эффективных технических средств тренажерной подготовки и переподготовки авиационных специалистов, нежели обучение и подготовка в реальных полетах. В статье рассматривается подход к оценке уровня профессиональной подготовки с применением технических средств тренажерной подготовки в целях повышения эффективности профессиональной деятельности.

**Ключевые слова:** технические средства обучения, тренажерная подготовка, авиационные специалисты

## ON THE ESTIMATE OF THE LEVEL OF PROFESSIONAL TRAINING OF AVIATION PERSONNEL USING TECHNICAL MEANS OF EDUCATION

**Fedorenko V.S., Galushka S.A., Semonenko Y.F.**

*Military Air Force Education and Research Center «The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy», Voronezh, e-mail: enoti0070@mail.ru*

The analysis of the requirements of the guidelines governing the procedure for determining the level of training of aviation professionals flight profile. The problem of achieving high professionalism of aviation professionals is particularly acute given the current state of aviation equipment and weapons, the reduction of flight training and aviation management staff personnel. Compared with civil aviation, in military there is a high demand to train aviation professionals to the use of air weapons, due to high-cost training. If the main objectives of civil aviation, the transportation of passengers and cargo, military aviation, added to them the use of weapons for the preparation and conduct of hostilities singly or in groups of planes. All this shows the need of finding more cheap and quite effective technical means of training and retraining of aviation specialists than education and training in real flight. The article discusses the approach to assessing the level of training with the application of technical training in order to enhance the effectiveness of professional activity.

**Keywords:** technical training, simulator training, aviation specialists

Все созданные системы обучения полетам нуждаются в управлении или контроле. В полете летательными аппаратами управляет экипаж. Для подготовки на земле авиационных специалистов используются технические средства обучения, тренажеры [6]. Комплекс аппаратуры, используемый в авиации для решения этой задачи, получил название «автоматизированные обучающие системы». На текущий момент в развитии образования большое значение имеют новые информационные технологии. При использовании этих технологий для профессионального авиационного образования весьма перспективны интерактивные автоматизированные обучающие системы с процедурными тренажерами. Основой таких систем для изучения авиационной техники являются мультимедийные автоматизированные учеб-

ные курсы. Процедурный тренажер с интерактивной автоматизированной обучающей системой расширяет возможности информационных технологий в профессиональном авиационном образовании и позволяет осваивать авиационному персоналу информационно-управляющее поле реальной кабины самолета, приобретать навыки действий с органами управления в кабине самолета и проводить реальную подготовку самолета к полету и применению оружия.

Тренажерная подготовка и переподготовка авиационного персонала для нужд военно-воздушных сил – одна из самых главных задач, стоящих перед военной авиацией. Такая задача выполняется в учебных центрах подготовки и переподготовки авиационного персонала с применением тренажеров. На сегодняшний день предстоит под-

готовить и переподготовить от 2 до 4 тысяч авиационных специалистов на различные типы самолетов для управления ими в воздухе, для деятельности в различных видах и родах военно-воздушных сил, причем по самым примерным расчетам ежегодно в военной авиации необходимо готовить от 5 до 10 тысяч авиационных специалистов. Обоснованность применения тренажеров в обучении авиационных специалистов представлена в [5].

К 2020 году количество выпускающихся отечественными производителями воздушных судов увеличится в два раза при существующих воздушных судах сегодня.

Затраты на подготовку и поддержание квалификации пилотов, инженерно-технического персонала и лиц группы руководства полетов составляют до 20% текущих расходов структур военно-воздушных сил. И они оправданы. Например, так называемый человеческий фактор стал причиной практически всех последних крупных авиакатастроф. В 60–80% случаев авиационных происшествий уровень причинности авиационных происшествий обусловлен личностным фактором специалистов из числа летного состава, причина которых – недостаточная подготовка летного состава и ошибки в технике пилотирования при управлении воздушными судами.

В современных условиях как никогда становится актуальной проблема обеспечения необходимого уровня профессиональной подготовки пилотов в условиях ограниченного ресурсного обеспечения. Развитие компьютерных технологий открыло широчайшие перспективы для совершенствования технических средств обучения, особенно тренажеров, как в плане моделирования динамики полета, так и в плане обеспечения реального воссоздания внекабинного пространства. Совершенствование технических средств, необходимых для поддержания надлежащего уровня профессиональной подготовки авиационных специалистов, становится неотъемлемым компонентом процесса обучения [4]. Решить проблемы повышения эффективности и оценки качества профессиональной подготовки авиационных специалистов можно при помощи применения инновационных комплексных учебно-тренировочных систем нового поколения, применение которых значительно снижает количество ошибочных действий авиационных специалистов в профессиональной деятельности.

Анализ требований руководящих документов, регламентирующих порядок определения уровня подготовки авиационных специалистов летного профиля, выявил ряд

недостатков, не позволяющих объективно оценить качество их профессиональной подготовки.

Во-первых, отсутствует методика агрегирования летной и тренажерной составляющих профессиональной и методической подготовок и нет оценки результата деятельности обучающихся по отношению к обучаемым;

Во-вторых, не определены приоритеты и значимость дисциплин на технических средствах обучения и различных видов полетов в формировании профессионально-важных качеств авиационных специалистов для выполнения задач по предназначению.

В-третьих, существующий порядок оценки допускает субъективизм со стороны руководящего авиационного персонала.

В результате этого авиационные специалисты не всегда способны в полном объеме, с требуемым качеством выполнять задачи по предназначению. Оценка качества профессиональной подготовки не отвечает современным требованиям, носит субъективный характер, производится без системного учета всех количественных показателей, характеризующих их профессиональную деятельность.

Одним из путей устранения указанных недостатков является разработка методики оценки качества профессиональной подготовки, учитывающей показатели, характеризующие деятельность авиационных специалистов

Поскольку уровень профессиональной подготовки авиационных специалистов представляет собой совокупность свойств, следовательно, задача выбора наиболее предпочтительных элементов процессов подготовки является многокритериальной. Такие задачи относятся к области принятия решения, в которой выделяют следующие методы:

однокритериальной оптимизации, в котором один из показателей качества признается наиболее важным, и задача сводится к минимизации или максимизации этого показателя, при этом выполняются и заданные ограничения на другие показатели качества;

векторной оптимизации, при использовании которого из конечного множества векторных оценок качества выбирают «паретооптимизационные», при этом упорядочение векторных оценок производится лицом, принимающим решение;

обобщенного критерия, в котором все частные критерии качества нормируются и по определенным правилам заменяются обобщенными, учитывающим относительную важность частных критериев, после этого задача оптимизации решается относительно единственного критерия.

Анализ данных методов позволил сделать вывод о том, что наиболее предпочтительным при оценке уровня профессиональной подготовки авиационных специалистов является метод обобщенного критерия.

В качестве обобщенного критерия целесообразно использовать степень готовности авиационного специалиста к выполнению задач по предназначению, то есть к выполнению летной деятельности и обучению подчиненных полетам. В качестве общих критериев – уровень профессиональной, методической и общевойсковой подготовок авиационных специалистов с использованием технических средств обучения, прирост качества подготовки обучаемых подчиненных, и систему частных критериев, основными из которых являются степень подготовленности авиационных специалистов при выполнении полетов, сдачи зачетов, проведении различных видов занятий с подчиненными на технических средствах обучения.

Процесс обучения авиационных специалистов подчиняется всем законам и принципам педагогики. Использование обобщенного критерия качества подготовки относится к области педагогической квалиметрии – науке о количественной оценке качества педагогических явлений и процессов [1]. В педагогической квалиметрии используют следующие основные принципы общей квалиметрии [2]:

1. Качество рассматривается как некоторая совокупность свойств, характеризующих личность авиационного специалиста. При этом оно представляется в виде иерархического дерева, где свойство любого уровня определяется соответствующими признаками более нижнего уровня.

2. Отдельные свойства, составляющие иерархическую структуру качества, выражены числовыми значениями  $R_{ij}$  ( $j$  – число свойств, лежащих на  $i$ -м уровне). Используя  $R_{ij}$  получаем значение относительного показателя  $Y_{ij}$ .

$$Y_{ij} = f(R_{ij}, R_{ij\text{треб}}),$$

где  $R_{ij}$  – численное значение достигнутого уровня подготовленности;  $R_{ij\text{треб}}$  – численное значение требуемого уровня подготовленности.

В наиболее распространенном случае относительная оценка качества подготовки, характеризующая ее уровень, рассчитывается по формуле

$$Y_{ij} = R_{ij}/R_{ij\text{треб}},$$

1. Различные шкалы измерения абсолютных показателей качества  $R_{ij}$  обязательно должны быть нормированы для использования общей шкалы.

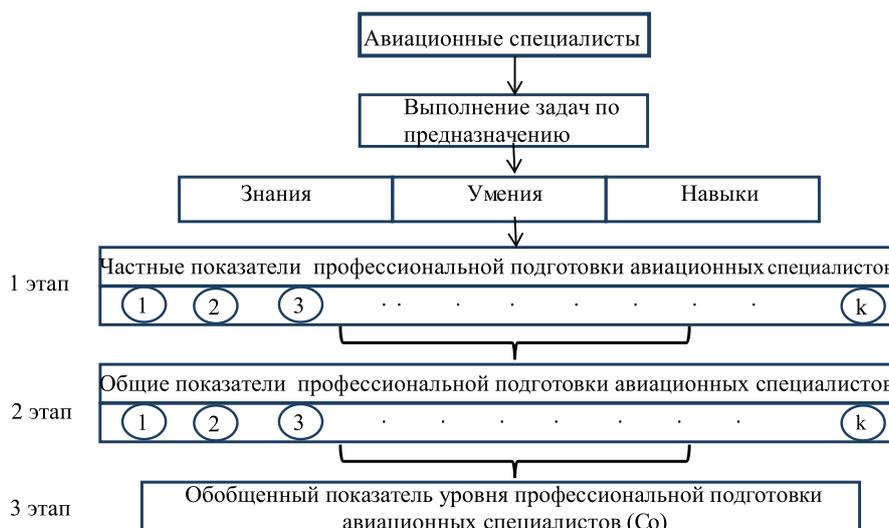
2. Каждое свойство качества определяется двумя числовыми параметрами – относительным показателем ( $Y_{ij}$ ) и важностью ( $M_{ij}$ ).

3. Сумма важностей свойств одного уровня есть величина постоянная:

$$\sum_{i=1}^n M_{ij} = \text{const}, j = 1, n.$$

Таким образом, применение указанных принципов квалиметрии дает возможность сформулировать частные, общие и обобщенный показатели качества подготовки авиационных специалистов.

Процесс формирования обобщенного показателя, отражающего уровень профессиональной подготовки авиационных специалистов на технических средствах тренажерной подготовки, представлен на рисунке.



*Процесс формирования обобщенного показателя, отражающего уровень профессиональной подготовки авиационных специалистов*

Авторами выбор показателей качества профессиональной подготовки авиационных специалистов осуществлен в несколько этапов.

На первом этапе составлен перечень частных показателей, характеризующих уровень подготовленности авиационных специалистов к выполнению профессиональной деятельности (полетов), результаты выполнения зачетных полетов, сдачи зачетов, проверок должностными лицами качества проведения различных видов занятий с обучаемыми на тренажерах.

На втором этапе осуществлен процесс агрегирования частных показателей в общие и выбран вид функции обобщенного показателя качества профессиональной подготовки авиационных специалистов.

На третьем этапе выполнено агрегирование общих показателей в обобщенный с учетом требований [2] к полноте оценки, чувствительности общих показателей к изменениям частных показателей, а также простоты, доступности, приемлемой трудоемкости расчетов.

Таким образом, на основе принципов педагогической квалиметрии в исследовании предложена система частных, общих и обобщенного показателя качества профессиональной подготовки авиационных специалистов, что соответствует требованиям руководящих документов по применению тренажеров в подготовке и выполнению полетов в военной авиации. Полученный перечень показателей отвечает основным требованиям квалиметрии и может быть использован для оценки качества их профессиональной подготовки.

Для реализации на практике этого метода целесообразно использовать систему критериев и показателей оценки качества

профессиональной подготовки авиационных специалистов на тренажерах, представленную в табл. 1.

После первого этапа определяется и детализируется система частных и общих показателей качества по направлениям деятельности авиационных специалистов с применением технических средств обучения. После этого для определения важности частных показателей профессиональной подготовки авиационных специалистов авторами был проведен экспертный опрос авиационных специалистов летного профиля, в результате которого получены данные коэффициентов важности.

Обобщенный показатель качества профессиональной подготовки авиационных специалистов ( $C_0$ ) определяется путем агрегирования общих показателей с учетом экспертных оценок их важностей по формуле

$$C_0 = \frac{\sum_i k_i \beta_i}{\sum_i k_i},$$

где  $\beta_i$  – значения  $i$ -го общего показателя;  $k_i$  – коэффициент важности  $i$ -го общего критерия.

Так, В.С. Черепанов предлагает использовать экспертные оценки [7]. Для определения важности общих показателей профессиональной подготовки авиационных специалистов использовались результаты экспертного опроса согласно табл. 2.

Исходя из вышеизложенного, полученное в соответствии с предложенной методикой значение обобщенного показателя ( $C_0$ ) отражает уровень профессиональной подготовки авиационного специалиста при помощи технических средств обучения.

Таблица 1

Система критериев и показателей оценки качества профессиональной подготовки авиационных специалистов

Наименование	Критерий	Показатель
Обобщенный	Степень готовности авиационных специалистов к выполнению задач по предназначению	Интегральный показатель, отражающий уровень профессиональной подготовки авиационных специалистов
Общие	Уровень профессиональной, методической и тренажерной подготовок авиационных специалистов	Интегральный показатель, отражающий уровень профессиональной, методической и тренажерной подготовок авиационных специалистов, прироста качества подготовки обучаемых
Частные	Степень индивидуальной подготовленности авиационных специалистов при выполнении полетов, проведении различных видов подготовок	Интегральный показатель, характеризующий степень индивидуальной подготовки авиационных специалистов к полетам, сдачи зачетов, проведении различных видов подготовок с обучаемыми

Таблица 2

## Коэффициенты важности общих показателей профессиональной подготовки авиационных специалистов

Обобщенный показатель	Общий показатель	Коэффициенты важности частного показателя
Интегральный показатель, отражающий уровень профессиональной подготовки авиационных специалистов с применением тренажеров	Профессиональная подготовка	0,30
	Методическая подготовка	0,40
	Тренажерная подготовка	0,25
	Общевойсковая подготовка	0,05

Предложенный подход к оценке качества различных видов подготовок авиационных специалистов возможно реализовать в автоматизированных информационных системах. Для этого в состав автоматизированной информационной системы необходимо включить специальный модуль, который по заданному алгоритму позволит формировать справочную и аналитическую информацию о состоянии летной, профессиональной и тренажерной подготовок авиационного персонала.

Подход использования обобщенного показателя качества и метода экспертных оценок позволит решать следующие задачи: анализ качества профессиональной подготовки, контроль уровня готовности авиационных специалистов к выполнению задач обучения подчиненных, повышение качества профессиональной подготовки авиационных специалистов и оценка их дидактической эффективности, автоматизация расчета уровня и результатов тренажерной и летной подготовок авиационных специалистов.

В авиации ведущих мировых держав применяется иной подход к процессу подготовки и переподготовки авиационного персонала [7]. Сущность такого подхода заключается в том, чтобы учебно-тренировочные системы не только сопровождали эксплуатацию воздушного судна от момента его выпуска, но и обновлялись в процессе его модернизации и дальнейшего совершенствования.

Отечественные военно-воздушные силы максимально заинтересованы в том, чтобы научить авиационных специалистов военной авиации грамотно и безопасно эксплуатировать поставляемую авиационную технику, переложив часть задач обучения и эксплуатации на технические средства обучения.

С учетом опыта подготовки авиационного персонала на тренажерах третьего и четвертого поколений с примитивной визуализацией и с рудиментарной

подвижностью предлагается, выстроить структурированную и логичную систему подготовки летного и обеспечивающего персонала, максимально приближенной к стандартам принятым в странах с передовой военной авиацией. В такой системе будет возможно применять все возможные современные технические средства обучения, что соответствует уровню требований времени.

Применение технических средств обучения в системе подготовки авиационных специалистов предполагает:

- обеспечение высокого качества подготовки;

- обеспечение стандартов в летной деятельности;

- экономии средств при широком использовании технических средств обучения;

- отработку правил и методов летной эксплуатации воздушных судов, систем и двигателей на автоматизированных обучающих системах.

Регулярные тренировки на тренажере – один из видов обучения и профессиональной подготовки и управления полетами, дающие возможность поддерживать квалификацию пилотов и авиационного персонала отрабатывать различные виды подготовок.

Таким образом, установлено, что эффективность использования тренажеров в целях повышения уровня профессиональной подготовки авиационного персонала улучшается с совершенствованием программ, методики применения тренировок, уровнем подготовленности руководителей занятий [8]. В соответствии с этим предлагается применять методику оценки профессиональной деятельности для различных видов обучения, подготовки и переподготовки, соответствующих технических средств обучения, тренажеров. Следовательно, наряду с разработкой методики оценки уровня профессиональной подготовки должна быть отработана и методика применения тренажеров в авиационном формировании.

**Список литературы**

1. Вознюк М.А. Теоретические основы квалиметрии высшей военной школы. – СПб.: ВАС, 1997. – 142 с.
2. Грабарь М.И., Краснянская К.А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. – М.: Педагогика, 1977. – 136 с.
3. Зубов Н.П. Роль и место тактических тренажерно-моделирующих комплексов в системе боевой подготовки Военно-воздушных сил. С. 99–103. Вестник Академии военных наук. – № 1. – М., 2012. – 192 с.
4. Материалы Международной конференции по обучению авиационного персонала WATS 2007. – 12–14 июня 2007 г., Орlando, Флорида, США.
5. Пономаренко В.А., Ворона А.А., Зацарный Н.Н. Психофизиологическое обоснование использования технических средств обучения при подготовке летного состава. – М., 1989.
6. Синицкий А., Казачкова Е. Тренажер вместо самолета // Авиатранспортное обозрение. – № 76. – январь-февраль 2007.
7. Уильям Б. Джонсон, Майкл Э. Мэддокс: Образная модель лучшего человеческого фактора // Журнал Гражданская Авиация. Обучение. – 2/2007. – Halldale Медиа Инк. Орlando, Флорида, США. – С. 20-21.
8. Черепанов В.С. Экспертные оценки в педагогических исследованиях. – М.: Педагогика, 1989. – 152 с.

**References**

1. Voznyuk M.A. Teoreticheskie osnovy kvalimetrii vyshey voennoy shkoly. SPb.: VAS, 1997. pp. 142.
2. Grabar M.I. Krasnyanskaya K.A. Primenenie matematicheskoy statistiki v pedagogicheskikh issledovaniyakh. M.: Pedagogika, 1977. pp. 136.
3. Zubov N.P. Rol i mesto takticheskikh trenazherno-modeliruyuschikh kompleksov v sisteme boevoy podgotovki Voennovozdushnykh sil. pp. 99–103. Vestnik Akademii voennykh nauk. no. 1. M., 2012. pp. 192.

4. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii po obucheniyu aviatsionnogo personala WATS 2007. 12–14 iyunya 2007 g., Orlando, Florida, SSHA.

5. Ponomarenko V.A., Vorona A.A., Zatsarnyy N.N. Psikhofiziologicheskoe obosnovanie ispolzovaniya tekhnicheskikh sredstv obucheniya pri podgotovke letnogo sostava. M., 1989.

6. Sinitskiy A., Kazachkova E. Trenazher vmesto samoleta // Aviatransportnoye obozrenie. no. 76. yanvar-fevral 2007.

7. Uilyam B. Dzhonson, Maykl E. Meddoks: Obraznaya model luchshego chelovecheskogo faktora // Zhurnal Grazhdanskaya Aviatsiya. Obuchenie. 2/2007. Halldale Media Ink. Orlando, Florida, SSHA. pp. 20–21.

8. Cherepanov V.S. Ekspertnye otsenki v pedagogicheskikh issledovaniyakh. M.: Pedagogika, 1989. pp. 152.

**Рецензенты:**

Малышев В.А., д.т.н., доцент, заместитель начальника кафедры эксплуатации авиационного оборудования, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, г. Воронеж;

Донсков Ю.Е., д.воен.н., профессор, старший научный сотрудник 11 научно-исследовательского отдела 1 научно-исследовательского управления НИИЦ (РЭБ и ОЭСЗ) Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж.

УДК 314.172

## ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА НАСЕЛЕНИЯ В ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

<sup>1</sup>Абдулманапов П.Г., <sup>2</sup>Галбацдибирова М.А.

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт управления, экономики, политики и социологии  
Дагестанского государственного университета народного хозяйства,

Махачкала, e-mail: raha77@mail.ru;

<sup>2</sup>Дагестанский государственный педагогический университет, Махачкала

Рассматриваются демографические процессы в горных территориях, анализируются изменения динамики численности населения, выявляются особенности рождаемости, смертности, миграции населения. Целью исследования являлось выявление особенностей воспроизводства населения и определение современной демографической ситуации в горных районах Республики Дагестан. Горные территории, как труднодоступные места, переживают социально-экономический упадок, развал инфраструктуры и миграционный отток населения, обусловивший демографические проблемы. В настоящее время в целом по горной зоне Дагестана сложилась неблагоприятная демографическая ситуация. Воспроизводство населения во многих горных районах, зависящее в первую очередь от рождаемости, находится на грани перехода на нисходящий тренд. В большинстве муниципальных районов отмечается высокий естественный прирост, но значительная миграционная убыль населения нивелирует его, что в итоге приводит к снижению численности населения. Лишь в немногих районах до сих пор сохраняется положительная динамика численности населения, которая, по всей видимости, носит временный характер и в ближайшем будущем может принять негативную тенденцию, если не предпринимать решительных действий в области демографической политики.

**Ключевые слова:** горные территории, смертность, рождаемость, миграция

## PECULIARITIES OF POPULATION REPRODUCTION IN THE MOUNTAINOUS AREAS OF DAGESTAN REPUBLIC

<sup>1</sup>Abdulmanapov P.G., <sup>2</sup>Galbatsdibirova M.A.

<sup>1</sup>Scientifically research institute of management, economy, policy and sociology of the Dagestan State  
University of National Economy, Makhachkala, e-mail: raha77@mail.ru;

<sup>2</sup>Dagestana State Pedagogical University, Makhachkala

In this paper demographic processes in the mountainous areas are considered, changes of the population dynamics are analyzed and peculiarities of population fertility, mortality and migration are identified. The purpose of the study was to identify the characteristics of population reproduction and to determine modern demographic situation in the mountainous areas of the Republic of Dagestan. The mountainous areas, as out-of-the-way places, are experiencing the socio-economic decline, infrastructure collapse and migration outflow of the population, contributing some demographic problems. Today the demographic situation in the mountainous zone of Dagestan is unfavorable in the whole. In many mountain regions the population reproduction, depending, primarily, from fertility, is on the verge of moving to the downside. There is a high natural increase in most municipal areas, but significant migration decline of the population negates it and leads, ultimately, to the population decrease. The positive dynamics of the population still remains in few areas which, evidently, is temporary and in the near future it can take negative trend, if decisive actions on population policy aren't taken.

**Keywords:** mountain territories, mortality, childbirth, migration

В настоящее время изучению проблем горных регионов в мире уделяется повышенное внимание, так как сложный характер подстилающей поверхности и сложившаяся «горная» культура вносят ряд корректив во все сферы жизни. Социальная сфера и экономика горных территорий Республики Дагестан за время социально-экономических и политических реформ и период становления рыночных отношений пришли в упадок. В результате в горах оказались разбалансированными социально-трудовые отношения, а уровень и качество жизни упали до критического состояния [9]. Эти факторы прямым или косвенным образом должны были отраз-

иться на демографических процессах: рождаемости, смертности, миграции, – обуславливая тот или иной тренд воспроизводства населения.

**Целью исследования** является выявление особенностей воспроизводства населения и определение современной демографической ситуации в горных районах Республики Дагестан.

Теоретико-методической основой исследования послужили достижения научной мысли отечественных и зарубежных ученых в области устойчивого развития горных территорий и воспроизводства населения, а также работы отечественных экономистов, демографов, географов.

Поставленные в исследовании задачи определили необходимость использования соответствующего инструментария, в том числе методов научного познания, включающих методы анализа, синтеза, агрегирования, наблюдения, сравнения. Одновременно широкое применение нашли специальные методы статистического и демографического анализа (непосредственной оценки, простого ранжирования и моделирования). Они обеспечили обоснованность научных результатов, подтвержденных объективностью первичного материала и предпосылок, логикой проведенного исследования.

Исходными данными для анализа явились показатели рождаемости, смертности, миграции, предоставленные Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Республике Дагестан (Дагестанстат). Необходимые для расчетов показатели уровня рождаемости взяты из размещенных в онлайн-базах данных.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В настоящее время к горным районам Республики Дагестан принято относить 27 муниципальных районов, с общей площадью 21,75 тыс. кв. км, что составляет 43,3% от общей площади региона [8]. В среднем по горным районам плотность населения составляет 36,1 человек на 1 кв. км, что в 1,6 раз ниже, чем в республике в целом (58,6 человек на 1 кв. км). В горных районах Дагестана наиболее густозаселенными являются Акушинский, Левашинский и Сулейман-Стальский (соответственно 85,3; 89,4 и 87,4 человека на 1 кв. км). Минимальная плотность населения в настоящее время в пределах горных территорий Дагестана зафиксирована в Чародинском и Рутульском районах – всего 10,2 человека на 1 кв. км [6].

Население территориальной зоны «Горный Дагестан» все время увеличивалось. В конце 90-х годов прошлого столетия темпы роста численности населения замедлились, и до 2007 г. держалась динамика незначительного изменения. На период 2007–2010 гг. наблюдался небольшой скачок в динамике численности населения, что, возможно, связано с началом реализации дополнительных мер помощи семьям с детьми (материнский капитал), а в дальнейшем рост остановился или снизился до минимального уровня – меньше одной тысячи человек в год. На начало 2013 года численность населения горных районов Республики Дагестан состави-

ла 785,6 тыс. человек, что соответствует 26,7% от общей численности населения республики (таблица).

Если анализировать горную территорию по совокупности районов, составляющих экономических зонах, то здесь мы видим некоторые особенности на фоне схожести общей картины развития демографических процессов. В Дербентской и Ахтынской экономической зоне во второй половине 90-х годов прошлого века и в конце 2010-х гг. наблюдался высокий рост численности населения, значительно превышающий по темпам роста аналогичные показатели остальных экономических зон. Вторая особенность этих территорий – это смена положительной динамики изменения численности населения на отрицательный в 2010 г. Фактически в последние три года здесь сложилась нисходящая динамика воспроизводства населения. Общая численность населения в настоящее время составляет 157,6 тыс. человек или 20% от всего горного населения в Дербентском и 70 тыс. чел. или 8,9% в Ахтынском. Население Кайтагской экономической зоны росло до 2010 г. без сильных колебаний в тренде, но в последующие годы сложился нулевой рост. Общая численность на 2013 г. здесь равна 68,4 тыс. человек. В экономических зонах «Унцукульский» и «Левашинский» наблюдаются наиболее схожие с общегорной территорией картины. Эти зоны являются наиболее крупными по численности населения. В Унцукульской экономической зоне численность составляет 275,3 тыс. человек или 35% от общей численности населения горной территории Дагестана, в Левашинской – 214,3 тыс. человек или 27,3%.

В Унцукульской экономической зоне наибольшую численность населения имеет Ботлихский район – 55,3 тыс. человек, а наименьшую – Цунтинский – 18,6 тыс. человек. В остальных муниципальных образованиях, входящих в Унцукульскую экономическую зону, численность населения составляет от 22 до 32 тыс. человек. Здесь все еще держится положительный прирост, который обеспечивает увеличение численности населения.

Кайтагская экономическая зона, состоящая только из двух районов, также находится на грани депопуляции. В Дахадаевском районе численность населения понемногу снижается, а в Кайтагском, наоборот, увеличивается с такой же интенсивностью, компенсируя потери в первом. В результате численность населения в совокупности особо не меняется.

Численность населения районов территориальной зоны «Горный Дагестан», тыс. чел. [6]

	1996	2001	2003	2010	2011	2012	2013
<b>Республика Дагестан</b>	<b>2218,4</b>	<b>2486</b>	<b>2581,4</b>	<b>2910,2</b>	<b>2914,2</b>	<b>2930,4</b>	<b>2946</b>
<b>ТЗ «Горный Дагестан»</b>	<b>645,5</b>	<b>730,3</b>	<b>749,1</b>	<b>783,4</b>	<b>783,3</b>	<b>784,1</b>	<b>785,6</b>
<b>ЭЗ «Дербентская горная»</b>	<b>138,4</b>	<b>153,6</b>	<b>156</b>	<b>161,1</b>	<b>160,9</b>	<b>159,3</b>	<b>157,6</b>
Агульский	9,4	11	11,3	11,2	11,2	10,9	10,7
Курахский	13,6	14,9	15,2	15,4	15,4	15,3	15,3
Сулейман-Стальский	47,2	52,8	54	58,8	58,8	58,6	58,2
Табасаранский	48,3	54,2	54,8	52,9	52,8	52,2	51,6
Хивский	19,9	20,7	20,7	22,8	22,7	22,3	21,8
<b>ЭЗ «Унцукльская»</b>	<b>215,9</b>	<b>244</b>	<b>251,8</b>	<b>271,4</b>	<b>271,6</b>	<b>273</b>	<b>275,3</b>
Ахвахский	17,2	19,6	20,4	22	22	22,2	22,6
Ботлихский	40,3	48,3	50,6	54,3	54,4	54,8	55,3
Гергебильский	15,6	17,8	18,4	19,9	19,9	20	20,2
Гумбетовский	15,6	17,7	18,2	22	22	22,1	22,1
Тляртинский	20,5	21,7	22,2	22,2	22,1	22,2	22,4
Унцукльский	22,6	26,2	27,5	29,6	29,6	29,7	29,9
Хунзахский	25,5	29,6	30,2	31,7	31,7	31,7	31,8
Цумадинский	19	20,2	20,7	23,3	23,5	23,6	24
Цунтинский	15,6	17,2	17,5	18,3	18,3	18,5	18,6
Шамильский	24	25,7	26,1	28,1	28,1	28,2	28,4
<b>ЭЗ «Кайтагская»</b>	<b>59,6</b>	<b>63,2</b>	<b>65,2</b>	<b>68,1</b>	<b>68,1</b>	<b>68,2</b>	<b>68,4</b>
Дахадаевский	33,8	36,4	38,3	36,7	36,6	36,5	36,4
Кайтагский	25,8	26,8	26,9	31,4	31,5	31,7	32
<b>ЭЗ «Левашинская»</b>	<b>172,5</b>	<b>201,9</b>	<b>206,6</b>	<b>211,9</b>	<b>211,9</b>	<b>213,2</b>	<b>214,3</b>
Акушинский	44,3	51,1	52,4	53,6	53,4	53,3	53,1
Гунибский	21,7	24,4	25,1	25,3	25,3	25,6	25,8
Кулинский	11,1	10,8	10,7	11,2	11,2	11,3	11,3
Лакский	10,2	12,2	12,4	12,2	12,1	12	12
Левашинский	50,6	62,6	64,5	70,7	70,9	71,9	72,7
Сергокалинский	23,3	29	29,7	27,1	27,2	27,4	27,6
Чародинский	11,3	11,8	11,8	11,8	11,8	11,7	11,8
<b>ЭЗ «Ахтынская»</b>	<b>59,1</b>	<b>67,6</b>	<b>69,5</b>	<b>70,9</b>	<b>70,8</b>	<b>70,4</b>	<b>70</b>
Ахтынский	26,7	30,7	31,6	32,6	32,6	32,5	32,3
Докузпаринский	12,1	13,9	14,4	15,4	15,4	15,4	15,5
Рутульский	20,3	23	23,5	22,9	22,8	22,5	22,2

В целом по Левашинской экономической зоне динамика численности населения положительная. Самый крупный муниципальный район – Левашинский, с численностью 72,7 тыс. человек. Здесь численность населения росла все время. Во второй половине 90-х гг. прошлого столетия и в конце 2010-х численность увеличивалась достаточно высокими темпами, а с 2010 года темпы снизились, но тем не менее они обеспечивают положительный прирост. В остальных районах общий прирост в численности населения или незначительный, или нулевой, или отрицательный. Наибольшие демографические потери у Сергокалинского района – за период с 2003 до 2010 г. численность населения снизилось с 29,7 до 27,1 тыс. человек.

Динамика численности населения во всех трех районах, составляющих Ахтынскую экономическую зону, идентична, с разницей лишь в том, что в Докузпаринском районе сложилась тенденция нулевого роста, в Ахтынском – тенденция незначительного снижения, а в Рутульском – тенденция чуть большего снижения, которая берет начало немного ранее. В целом демографическую ситуацию в Ахтынской экономической зоне можно охарактеризовать как неблагоприятную.

Основными демографическими процессами, обуславливающими ту или иную демографическую динамику, являются рождаемость и смертность. Под рождаемостью в демографии понимают массовый статистический процесс деторождения

в совокупности людей, составляющих поколение [3]. Смертность – это частота случаев смерти в социальной среде. Наиболее простым и широко используемым показателем этих процессов является коэффициент, рассчитываемый как отношение абсолютного числа рождений или смерти к средней численности населения за период, обычно за год.

Рождаемость в Республике Дагестан в последнее время только увеличивается. Причем увеличивается не только в абсолютном выражении, но и в относительном. За 2011–2012 гг. Число родившихся увеличилось с 54,6 до 56,2 тыс. человек, а коэффициент рождаемости – с 18,7 до 19,1 рождений на тысячу человек населения. По сравнению с 2003 годом в 2012 г. коэффициент рождаемости увеличился почти на 20% и составил 19,1 рождений. Скачок рождаемости отмечается в 2007 г., что, конечно, обусловлено началом реализации дополнительных мер помощи семьям с детьми. А так, в середине 2010-х годов наблюдалось даже некоторое снижение рождаемости.

Аналогичным образом развиваются процессы рождаемости в территориальной зоне «Горный Дагестан». Коэффициент рождаемости здесь достаточно высок – больше 20. Рост за 2003–2012 гг. относительного показателя составил 18%. В последние годы рост рождаемости снизился до 0,5%. Число всего родившихся за 2012 г. составило 16,3 тыс. человек.

Из муниципальных районов Горного Дагестана к группе с высокой рождаемостью, в которых коэффициент рождаемости превышает 30, следует относить Тляратинский и Цунтинский районы. К районам со средней рождаемостью можно было бы причислять следующие, где коэффициент рождаемости соответствует 20–30 рождением на тысячу населения: Табасаранский, Ахвахский, Цумадинский, Шамильский, Дахадаевский, Кайтагский, Акушинский, Левашинский, Сергокалинский, Чародинский, Докузпаринский и Рутульский. В остальных районах уровень рождаемости ниже, чем в среднем по горной территории республики. Наихудшее положение в Гумбетовском районе (коэффициент рождаемости – 13,6), в Ахтынском (15,1), в Кулинском (15,3).

Среди горных районов имеются такие, которые сумели добиться высоких показателей роста уровня рождаемости. За период 2003–2012 гг. Рост уровня рождаемости на 50% и более отмечается в Хунзахском, Гунибском и Сергокалинском районах. Кроме того, более 25% рост составил в таких муниципальных образованиях, как Агульский, Табасаранский, Гергебильский, Шамильский, Дахадаевский. Единственным

районом, где уровень рождаемости за анализируемый период снизился, является Ахтынский, в котором коэффициент рождаемости опустился с 18,5 до 15,1.

Смертность в территориальной зоне «Горный Дагестан» за анализируемый период немного снизилась, как и в регионе в целом – примерно на 5% [7]. По горной зоне коэффициент смертности в 2012 г. составил 6,8 промилле, в то время как по республике – всего 5,7.

Среди горных районов имеются территории, как с низкой, так и с высокой смертностью. Районы с низкими показателями уровня смертности сосредоточены в основном в Унцукульской экономической зоне. В среднем по этой совокупности районов коэффициент смертности составляет 5,61. Из этой группы только Хунзахский район имеет показатель выше, чем по горной зоне в целом, и еще Гергебильский, Цумадинский и Шамильский – выше республиканского. В остальных шести районах уровень смертности значительно ниже.

Самые высокие показатели смертности отмечаются в Левашинской экономической зоне. Здесь почти во всех муниципальных районах, за исключением Левашинского и Акушинского, где коэффициент смертности составляет 6 и 6,5 соответственно, наблюдается смертность, превышающая средний уровень по горной зоне. Критически высокие показатели наблюдаются в Чародинском районе, которые сохраняются почти на десятилетие.

Объединяющим и обобщающим процессы рождаемости и смертности показателем выступает естественный прирост [2]. Естественный прирост – это абсолютная величина разности между числом родившихся и числом умерших за определенный период времени. Он служит наиболее общей характеристикой интенсивности роста населения, измеряется обычно коэффициентом естественного прироста населения на 1000 жителей в год, и может быть как положительным, так и отрицательным. Отрицательный естественный прирост населения означает, что в стране или в регионе умирает больше человек, чем рождается (то есть естественная убыль населения).

В первой половине 2010-х гг. естественный прирост на 1000 населения в Республике Дагестан и в Территориальной зоне «Горный Дагестан» составлял около 10 промилле, но к настоящему времени в обоих случаях этот показатель превысил 13 [5]. Причем коэффициент по горной территории немного выше, чем по республике в целом, и составляет 13,8. За период 2003–2012 гг. этот показатель вырос на 35%

как по республике в целом, так и в частности по горной территории. Это стало результатом одновременного, хоть и незначительно, увеличения рождаемости и уменьшения смертности, как мы отмечали ранее.

Высокий уровень естественного прироста, как и ожидалось, наблюдается в районах, где уровень рождаемости высок или уровень смертности низок, а в тех случаях, где оба варианта взаимодополняют друг друга, отмечается высочайший показатель естественного прироста [10]. К последним относятся Тляратинский (24) и Цунтинский (26,6) районы. Ко второй группе районов с высоким уровнем естественного прироста можно причислить Табасаранский район, Цумадинский, Ахвахский, Ботлихский, Унцукульский, Шамильский, Дахадаевский, Кайтагский, Левашинский, Докузпаринский.

Критически низкий уровень естественного прироста имеют муниципальные образования Кулинский (7,1), Ахтынский (7,9), Гунибский (8), Лакский (8,5), Гумбетовский (8,9). Такой характер воспроизводства населения здесь обусловлен в большинстве случаев низкой рождаемостью при сложившейся высокой смертности. Только в одном Гумбетовском районе наблюдается низкая смертность, но в то же время тут отмечается сверхнизкая рождаемость – самый низкий показатель уровня рождаемости по горной территории Дагестана.

Среди муниципальных районов, относящихся к территориальной зоне «Горный Дагестан», некоторые имеют очень высокий показатель роста естественного прироста за последние десять лет. Это в первую очередь Гунибский район, где рост коэффициента естественного прироста составил в 2012 г. по отношению к 2003 г. 3,6 раза, а по отношению к 2005 г. – 4 раза. Однако естественный прирост здесь и в настоящее время остается относительно низким, а рост позволил только выйти из кризиса, так как в первой половине 2010-х годов данный показатель составлял всего лишь 2–3 человека на 1000 населения. Как ранее говорили, такая ситуация была обусловлена низкой рождаемостью при высокой смертности, которая держалась вплоть до начала реализации дополнительных мер демографической политики.

К районам, где рост естественного прироста превысил более чем 2 раза, можно причислить Хунзахский и Лакский. Здесь, как и в Гунибском, в 2003 г. отмечался очень низкий прирост, а последующий рост обеспечил стабилизацию ситуации. Рост в 1,5–2 раза за анализируемый период наблюдается в Сулейман-Сталь-

ском районе, Шамильском, Дахадаевском и Сергокалинском.

Имеются и такие территории, где естественный прирост не только не вырос, но и даже снизился. В Курахском районе данный показатель как был 9,9 промилле в 2003 г., так и в 2012 г. остался. В Ахтынском районе еще хуже – этот показатель снизился почти на 40%.

Как известно, рост численности населения обеспечивается за счет естественного и миграционного прироста, которые в свою очередь могут быть отрицательными или положительными [4]. Миграционный прирост населения – абсолютная величина разности между числом прибывших на данную территорию и числом выбывших за пределы этой территории за определенный промежуток времени. Под воздействием этих процессов формируется показатель общего прироста населения, который прямым образом отражается на динамике численности населения.

Почти во всех муниципальных районах, образующих Территориальную зону «Горный Дагестан», по данным Росстата за 2012 г. наблюдается отрицательный миграционный прирост [1]. Исключение составляет Ахвахский район, где отмечается положительный миграционный прирост на 14 человек. В предыдущем году положительное сальдо миграции имело место в двух районах: в Гунибском и Кулинском. В целом по горной зоне миграционная убыль составляет 9,8 тыс. человек, что по сравнению с 2011 годом всего лишь на 0,2 тыс. меньше. За 2011–2012 гг. показатель общего прироста численности населения горного Дагестана увеличился на 0,4 тыс. человек и в основном за счет снижения миграционной убыли.

### Заключение

Таким образом, в целом по территориальной зоне «Горный Дагестан» сложилась неблагоприятная демографическая ситуация. В большинстве муниципальных районов численность населения убывает или не растет. Значительная миграционная убыль, сложившаяся во многих горных районах, «съедает» положительный естественный прирост, что в итоге приводит к снижению численности населения. Лишь в немногих районах до сих пор сохраняется положительная динамика численности населения, которая, по всей видимости, носит временный характер, и в ближайшем будущем может принять негативную тенденцию, если не предпринимать решительных действий в области демографической политики.

**Список литературы**

1. Абдулманов П.Г. Роль миграции в развитии Республики Дагестан // Региональная экономика: теория и практика. – 2012. – № 39. – С. 64–68.
2. Абдулманов С.Г., Нестерова А.М. Приоритеты социально-экономической политики в Республике Дагестан // Вопросы экономики и права. – 2012. – № 49. – С. 54–58.
3. Абидов М.Х. Демографическое развитие трудоизбыточных регионов Южного федерального округа. – Махачкала: Издательский дом «Наука плюс», 2008. – 198 с.
4. Абидов М.Х. Миграция населения и миграционная политика в Дагестане // Народонаселение. – 2008. – № 1. – С. 31–35.
5. Галбасдибиров М.А. Социально-экономическое развитие горных районов Республики Дагестан // Региональная экономика: теория и практика. – 2011. – № 11(194). – С. 35–41.
6. Демографический ежегодник Дагестана, 2012 год. Статистический сборник // Дагестанстат РД. – Махачкала, 2012.
7. Сагидов А.К. Основные направления совершенствования здравоохранения в регионе // Вопросы структуризации экономики. – 2012. – № 3. – С. 88–93.
8. Стратегия социально-экономического развития территориальной зоны Горный Дагестан» до 2025 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.minec-rd.ru/data/cont/1304499593/1365422333/1365422490.pdf> (дата обращения: 23 июня 2015 г.).
9. Хаджалова Х.М. Повышение качества жизни как условие обеспечения социальной стабильности региона. – Махачкала: Издательский дом «Наука плюс», 2008. – 360 с.
10. Хаджалова Х.М. Региональная инвестиционная политика в повышении качества жизни населения // Экономические науки. – 2009. – № 58. – С. 236–240.

**References**

1. Abdulmanapov P.G. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional economics: theory and practice], no. 39 (2012): 64–68.

2. Abdulmanapov S.G., Nesterova A.M. *Voprosy ekonomiki i prava* [Questions of Economics and Law], no 49 (2012): 54–58.
3. Abidov M.Kh. *Demograficheskoe razvitie trudnoizbytochnykh regionov Yuzhnogo federalnogo okruga* [Demographic development of labour-surplus regions in Southern federal district]. Makhachkala: Izdatelskiy dom «Nauka plyus», 2008. 198 p.
4. Abidov M.Kh. *Narodonaselenie* [Population], no. 1 (2008): 31–35.
5. Galbatsdibirova M.A. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional economics: theory and practice], no. 11 (2011): 35–41.
6. *Demograficheskij ezhegodnik Dagestana* [The Demographic Yearbook of Dagestan]. Makhachkala: Dagestanstat RD, 2012.
7. Sagidov A.K. *Voprosy strukturizatsii ekonomiki* [Questions of structurization of economy], no. 3 (2012): 88–93.
8. *Strategiya sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya territorialnoy zony Gornyy Dagestan» do 2025 goda*. Available at: <http://www.minec-rd.ru/data/cont/1304499593/1365422333/1365422490.pdf> (accessed June 23, 2015).
9. Khadzhalova Kh.M. *Povyshenie kachestva zhizni kak usloviye obespecheniya sotsialnoy stabilnosti regiona* [Improvement in life quality as a condition of providing social stability in a region]. Makhachkala: Izdatelskiy dom «Nauka plyus», 2008. 360 p.
10. Khadzhalova Kh.M. *Ekonomicheskie nauki* [Economic Sciences], no. 58 (2009): 236–240.

**Рецензенты:**

Хаджалова Х.М., д.э.н., ведущий научный сотрудник, Институт социально-экономических исследований ДНЦ РАН, г. Махачкала;  
 Сагидов Ю.Н., д.э.н., профессор, главный научный сотрудник, Институт социально-экономических исследований ДНЦ РАН, г. Махачкала.

УДК 336.63 / 336.532

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

<sup>1</sup>Аникина И.Д., <sup>1</sup>Кусмарцева Ю.В., <sup>2</sup>Афова З.А.

<sup>1</sup>Волгоградский государственный университет, Волгоград, e-mail: kfbd@volsu.ru;

<sup>2</sup>Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.Р. Бербекова, Нальчик, e-mail: kmim93@mail.ru

В статье анализируются проблемы и перспективы инновационного развития перерабатывающей промышленности и агропромышленного комплекса, основанного на взаимодействии органов государственной власти и сельскохозяйственных товаропроизводителей и перерабатывающих компаний, для обеспечения продовольственной безопасности региона и более эффективного использования ресурсов. Авторами произведена оценка экономической эффективности традиционного, минимального, нулевого (инновационного) методов обработки почвы на примере агрохолдинга «Гелио-Пакс». В качестве основных результатов данного исследования служит вывод о целесообразности технической и технологической модернизации предприятий перерабатывающей промышленности и сельского хозяйства в условиях низкого уровня внедряемости существующих инновационных проектов и разработок, отсутствия универсальности реализации инноваций. Для решения актуальных проблем в области инновационного развития сельскохозяйственных и перерабатывающих компаний выявлены возможные отрицательные стороны и риски применения инновационного метода обработки почв (технология нулевой обработки почвы с химическим паром), положительные моменты, главным из которых является максимизация возможной прибыли за счет снижения себестоимости продукции.

**Ключевые слова:** инновационное развитие, агропромышленный комплекс, пищевая и перерабатывающая промышленность, государственная программа, финансирование, субсидии, государственная поддержка, техническая и технологическая модернизация, традиционный, минимальный, нулевой (инновационный) методы обработки почвы, экономическая эффективность проекта

## PERSPECTIVES OF INNOVATION DEVELOPMENT OF THE PROCESSING INDUSTRY BASED ON THE TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL MODERNIZATION

<sup>1</sup>Anikina I.D., <sup>1</sup>Kusmartseva Y.V., <sup>2</sup>Afova Z.A.

<sup>1</sup>Volgograd State University, Volgograd, e-mail: kfbd@volsu.ru;

<sup>2</sup>Berbekov State University of Kabardino-Balkaria, Nalchik, e-mail: kmim93@mail.ru

This article analyzes the problems and prospects of innovational development of the processing industry and the agro-industrial complex, based on the interaction of State power bodies and agricultural producers and processing companies, to ensure food security of the region and a more efficient use of resources. The authors assess the economic efficiency of the traditional, minimum, zero (innovative) tillage techniques on sample agricultural holding «Helio-Paks». As the main results of this study provides a conclusion on the feasibility of the technical and technological modernization of enterprises of processing industry and agriculture in the context of its adoption of the existing low level of innovation projects and elaborations, the lack of universality of innovation. For solving the urgent problems in the field of innovative development of agricultural and processing companies identified the possible disadvantages and risks of the use of innovative soil method (zero-tillage technology with chemical vapor), positive aspects, principal among which is to maximize profits at the expense of reducing production costs.

**Keywords:** innovative development, agriculture, food and processing industry, state program, financing, subsidies, state support, technical and technological modernization, the traditional, minimum, zero (innovative) tillage, the economic efficiency of the project

Инновационное развитие перерабатывающей промышленности и агропромышленного комплекса в современных условиях выдвигается в число приоритетных проблем в связи с качественными изменениями их экономического базиса. Формирование и регулирование рыночных отношений все больше превращается в своеобразную сферу «технологического» применения достижений науки. Инновации, вбирающие отечественные и зарубежные достижения, позволяют сначала создать предпосылки к прекращению ухудшения финансово-эко-

номического положения перерабатывающей промышленности и АПК, его стабилизации, а затем к кардинальному повышению его эффективности. Рекомендации по разрешению проблем инновационного развития аграрного сектора становятся важным фактором прогресса.

Постановлением Правительства Волгоградской области от 29 ноября 2013 г. № 680-п была утверждена государственная программа Волгоградской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продук-

ции, сырья и продовольствия на 2014–2020 годы» [4]. Она принята в целях увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции для обеспечения продовольственной безопасности Волгоградской области, повышения конкурентоспособности местной сельскохозяйственной продукции, повышения финансовой устойчивости товаропроизводителей АПК и перерабатывающей промышленности, повышения эффективности и рационального использования земельных ресурсов. Общий объем финансирования государственной программы составляет 160 585 749,2 тыс. рублей.

на возмещение части затрат на обеспечение технической и технологической модернизации сельскохозяйственного производства;

2) доля организаций пищевой и перерабатывающей промышленности, осуществляющих модернизацию производства с помощью государственной поддержки, – 3,8%. Для этого предусматривается мероприятие – предоставление субсидии организациям АПК, крестьянским (фермерским) хозяйствам, индивидуальным предпринимателям, занимающимся закупкой, хранением, переработкой сельскохозяйственной продукции, на возмещение части

**Таблица 1**

Объем финансирования государственной программы Волгоградской области по годам и источникам финансирования (тыс. руб.)

Года	Средства федерального бюджета	Средства областного бюджета	Внебюджетные средства	Общий объем финансирования
2014	1214227,8	1000446,8	12052114,0	14266788,6
2015	1963400,0	976690,3	11988056,0	14928146,3
2016	1963400,0	976690,3	11988056,0	14928146,3
2017	3184640,0	1750430,0	22328867,0	27263937,0
2018	3305510,0	1954930,0	23225582,0	28486022,0
2019	3437780,0	2044250,0	24176126,0	29658156,0
2020	3595470,0	2151710,0	25307373,0	31054553,0
Итого	18664427,8	10855147,4	131066174,0	160585749,2

И с т о ч н и к : составлено авторами по [4].

В результате реализации Программы ожидается увеличение объемов производства и переработки основных видов продукции растениеводства; увеличение мелиорируемых земель сельскохозяйственного назначения и предотвращение опустынивания; увеличение объема производства и переработки основных видов продукции животноводства; увеличение количества субъектов малого предпринимательства в сфере сельского хозяйства; осуществление технической и технологической модернизации.

Эффективная защита экономических интересов сельскохозяйственных производителей должна быть обеспечена подпрограммой «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие», целевыми показателями достижения целей и ожидаемыми результатами которой являются:

1) приобретение сельскохозяйственными товаропроизводителями новой энергонасыщенной высокопроизводительной сельскохозяйственной техники – 3 392 единицы. Для этого предусматривается мероприятие – предоставление субсидии сельскохозяйственным товаропроизводителям

затрат на приобретение технологического оборудования;

3) количество выполненных и внедренных научно-исследовательских разработок для АПК – 63 единицы. Для этого предусматривается поддержка научных исследований в агропромышленном комплексе [4].

В 2014 году сельхозпроизводителям Волгоградской области большую помощь в обновлении машинно-тракторного парка оказывало постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2012 г. № 1432 «Об утверждении правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники» [5].

В 2014 году по Постановлению № 1432 в минсельхозе Волгоградской области было зарегистрировано 104 договора купли-продажи техники на приобретение 159 единиц сельскохозяйственной техники на сумму 465,0 млн рублей (28 тракторов, 65 зерноуборочных комбайнов, 66 единиц сельскохозяйственных машин) с 15% скидкой от производителей техники. Объем субсидии, доведенной области в 2014 году, составлял 61,1 млн рублей. Из областной квоты субсидия в 2014 году освоена полностью.

В соответствии с подпрограммой «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие» предоставляется поддержка сельскохозяйственным товаропроизводителям по Постановлению Правительства Волгоградской области № 456-п от 25 августа 2014 года [3].

Представили документы для получения субсидий и прошли отбор: ОАО МСК «Михайловский» Михайловского муниципального района, ИП глава К(Ф)Х М.К. Алиев Светлоярского муниципального района, ЗАО «Котовский хлебозавод» Котовского муниципального района, ПСПК «Магнат» Еланского муниципального района, ООО «Любимый город» Камышинского муниципального района, ИП Кудинов Котельниковского муниципального района Волгоградской области.

Данная государственная поддержка направлена на модернизацию предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности для производства конкурентоспособной продукции, соответствующей требованиям торговых сетей [2].

Машинно-технологический комплекс как инновационная база аграрного производства является важнейшей производственной системой, регулирующей объемы, качество и экономические характеристики конечной сельскохозяйственной продукции, внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий.

Слабая материально-техническая база многих организаций пищевой и перерабатывающей промышленности и неразвитая инфраструктура хранения, транспортировки скоропортящегося сырья и продовольствия не позволяют комплексно перерабатывать исходное сырье и создавать оптимальные

условия для хранения, что приводит к дополнительным потерям, снижению безопасности и качества продукции.

Несмотря на проводимую исследовательскую работу аграрными научными учреждениями Волгоградской области, наблюдается низкий уровень внедряемости существующих инновационных проектов и разработок. Остается низким уровень технической и технологической оснащенности аграриев. Отсутствует универсальность реализации инноваций в сельскохозяйственном производстве вследствие территориальных особенностей региона, различных почвенно-климатических условий, низкой информированности сельхозтоваропроизводителей и высокой стоимости научных разработок.

На 2012–2014 год агрохолдингом «Гелио-Пакс», работающим в Волгоградской области, был запланирован проект по минимальной и нулевой обработке почв. Работа на высокопроизводительной технике при нулевой технологии обработки почвы дает возможность получения положительных экономических результатов в будущем и максимизации возможной прибыли.

В сфере сельскохозяйственной отрасли существуют традиционная, минимальная и нулевая технологии обработки почвы. Основные отличия по применяемым технологическим приемам представлены в табл. 2.

В результате постепенного перехода ОАО «Гелио-Пакс» с традиционной на минимальную и нулевую обработку почвы технологические приемы сократились до минимума, но какой бы идеальной ни была технология, она должна быть подтверждена показателями экономической эффективности, что является основой любого производства.

**Таблица 2**

Сравнение основных мероприятий при различной обработке почвы

Традиционная технология	Минимальная технология	Нулевая технология
Применяемые технологические приемы		
1. Лушение стерни	1. Внесение минеральных удобрений	1. Посев
2. Внесение минеральных удобрений	2. Обработка дисковыми орудиями	2. Обработка гербицидами
3. Вспашка	3. Посев	3. Обработка фунгицидами
4. Боронование (закрытие влаги)	4. Обработка гербицидами	4. Обработка инсектицидами
5. Предпосевная культивация	5. Обработка фунгицидами	5. Уборка
6. Посев	6. Обработка инсектицидами	
7. Обработка гербицидами	7. Уборка	
8. Обработка фунгицидами		
9. Обработка инсектицидами		
10. Уборка		

Источник: составлено авторами по [1].

**Таблица 3**

Экономическая эффективность проекта по обработке почвы

Статьи затрат	Варианты технологий		
	традиционная	минимальная с механическим паром	нулевая с химическим паром
Семена, руб./га	3 572	2 320	2 003
Минеральные удобрения и средства защиты растений, руб./га	3 749	3 069	3 183
ГСМ, руб./га	3 972	2 774	2 344
Запчасти, услуги и материалы для ремонта, руб./га	2 911	2 349	2 019
Оплата труда, руб./га	3 203	2 759	2 383
Амортизация, руб./га	2 588	2 426	2 023
Услуги сторонних организаций, руб./га	5 744	3 932	3 234
Электроэнергия, руб./га	430	253	211
Всего затрат, руб./га	26 169	19 883	17 411

И с т о ч н и к : составлено авторами по [1].

Следовательно, опасения об экономической нецелесообразности внедрения новых систем обработки почвы несостоятельны. Данная система обработки почвы вполне себя оправдывает и открывает большие возможности в получении высоких урожаев при сохранении почвенного плодородия и значительного снижения затрат (табл. 3).

Как видно из табл. 3, нулевая обработка почв требует наименьших материальных затрат – всего 17 411 руб./га по сравнению с 19 833 руб./га при минимальной обработке почв и тем более по сравнению с традиционной 26 169 руб./га (экономия практически в 2 раза).

Фермеры, ученые и эксперты из разных стран приводят самые разные аргументы в пользу нулевой обработки почвы. Они не всегда едины в оценке преимуществ – просто необходимо учитывать местные условия и индивидуальные возможности. Тем не менее именно эти преимущества побуждают внедрять технологию и приводят к ежегодному увеличению площади земли, обрабатываемой по этой технологии.

Кроме того, внедрение новой технологии несет в себе как положительные, так и отрицательные нюансы (табл. 4).

**Таблица 4**

Преимущества и недостатки перехода на нулевую обработку почв

Преимущества	Недостатки
1	2
1. Повышение производительности труда. Значительная экономия времени. 2. Сокращение количества необходимой техники. Уменьшение износа техники. Снижение затрат на ремонт и обслуживание техники. Уменьшение потребности в рабочей силе. 3. Использование меньшего количества топлива. Экономия техники. 4. Сокращение трудозатрат. Эффективное использование трудовых ресурсов. 5. Сокращение расходов на оборудование. 6. Гибкость во времени. 7. Снижение затрат. Сохранение и восстановление плодородного слоя почвы. 8. Улучшение структуры и качества почвы. 9. Сохранение и постепенное повышение плодородия почвы. Оптимизация температурного режима почвы.	1. Риск снижения урожайности при переходе с традиционной на нулевую технологию обработки почвы. Снижение урожайности возможно из-за неправильного управления посевами в период внедрения нулевой технологии (поддержания достаточного уровня азота, внесения избыточного количества удобрений в семенную борозду, ошибки в использовании гербицидов). 2. Увеличивается количество применяемых гербицидов на начальном этапе. В системе, где гербициды заменяют механическую обработку, увеличивается применение гербицидов сплошного действия.

Окончание табл. 3

1	2
<p>10. Возрождение природной среды в почве, естественная биологическая активность.</p> <p>11. Не разрушение почвенных агрегатов и структур. Предотвращение ветровой эрозии.</p> <p>12. Снижение потребности в орошении.</p> <p>13. Уменьшение загрязнения водных стоков и испарения влаги из почвы.</p> <p>14. Улучшение контроля за сорняками. Экологическое управление сорняками в посевах.</p> <p>15. Снижение прорастания новых сорняков из-за отсутствия повреждения почвы.</p> <p>16. Снижение всхожести сорняков. Замедленный рост сорняков в результате меньшего попадания их семян в почву.</p> <p>17. Уменьшение использования гербицидов, более эффективная борьба с сорняками.</p> <p>18. Семена сорняков не выносятся на поверхность и не прорастают.</p> <p>19. Стерня и солома остается на поле, вследствие чего минеральные и органические вещества возвращаются в почву.</p> <p>20. Питательные вещества меньше вымываются из почвы – уменьшение использования удобрений.</p> <p>21. Защита молодых растений от весенних заморозков. Уменьшение промерзания почвы.</p> <p>22. Снижение зависимости урожая от погодных условий.</p> <p>23. Увеличение урожайности выращиваемых культур, качества зерна.</p> <p>24. Возможность варьировать сроки посевов. Возможность насыщения севооборотов влаголюбивыми культурами. Возможность выращивания влаголюбивых культур в засушливых регионах.</p> <p>25. Увеличение стабильности. Минимальное количество выездов техники на поле.</p> <p>26. Более высокая способность почвы выдерживать нагрузку, не вызывая уплотнения.</p> <p>27. Улучшение экологической ситуации. Уменьшение загрязнения воздуха.</p> <p>28. Экономия. Снижение себестоимости продукции. Улучшение качества жизни фермера</p>	<p>3. Высокая стоимость сеялок прямого посева. Хотя за счет сокращения общего количества используемой техники, затраты на технику уменьшаются.</p> <p>4. Необходимость иметь в парке машин мощный трактор. Общее количество требуемых затрат мощности значительно снижается, но для посева может потребоваться более мощный трактор.</p> <p>5. Необходимо приобретение новых навыков работы на земле.</p> <p>6. Медленное прогревание почвы весной.</p> <p>7. Риск возникновения проблем с вредителями и болезнями. Наличие растительных остатков на поверхности почвы создает благоприятные условия для развития болезней и вредителей.</p> <p>8. Усиление дефицита минерального азота. На первых порах наблюдается повышенная иммобилизация азота почвенной микрофлорой, которая перерабатывает растительные остатки.</p> <p>9. Ограниченное распределение фосфора в почве. При данной технологии относительно неподвижный фосфор, в связи с отсутствием переворачивания почвы, ограничен в своем распространении.</p> <p>10. Повышенный риск распространения мышей. Отсутствие механической обработки ослабляет борьбу с грызунами.</p> <p>11. Увеличение урожая зерна, поэтому потребуется больше складских помещений для его хранения</p>

Источники: составлено авторами.

Таким образом, несмотря на возможные отрицательные стороны и риски применения инновационного метода обработки почв, положительные моменты, несомненно, перевешивают отрицательные. Самыми весомыми аргументами являются повышение прибыли, уменьшение затрат, большая экологичность и простота применения. Это является дополнительным аргументом в пользу развития инноваций в сельском хозяйстве и в очередной раз подтверждает их эффективность.

#### Список литературы

1. Агрохолдинг «Гелио-Пакс». URL: <http://www.geliopax.ru/> (дата обращения: 25.05.2015).
2. Информационно-аналитический доклад «Итоги работы АПК и министерства сельского хозяйства Волгоградской области в 2014 году». URL: <http://ksh.volganet.ru/test/Молоканова/Итоги.pdf> (дата обращения: 09.04.2015).
3. О порядке предоставления из областного бюджета субсидий организациям агропромышленного комплекса, крестьянским (фермерским) хозяйствам, индивидуальным предпринимателям, занимающимся закупкой, хранением, переработкой сельскохозяйственной продукции, на возмещение части затрат на приобретение технологического

оборудования: Постановление Правительства Волгоградской области от 25 августа 2014 г. № 456-п // Волгоградская правда. – 2014. – 3 сент.

4. Об утверждении государственной программы Волгоградской области «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2014–2020 годы: Постановление Правительства Волгоградской области от 29.11.2013 г. № 680-п // Волгоградская правда. – 2013. – 11 дек.

5. Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники: Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2012 г. № 1432 // Рос. газ. – 2013. – 16 янв.

### References

1. Agroholding «Gelio-Paks» URL: <http://www.geliopax.ru/> (data obrashhenija: 25.05.2015).

2. Informacionno-analiticheskij doklad «Itogi raboty APK i ministerstva selskogo hozjajstva Volgogradskoj oblasti v 2014 godu» URL: <http://ksh.volganet.ru/test/Molokanova/Itogi.pdf> (data obrashhenija: 09.04.2015).

3. O porjadke predostavlenija iz oblastnogo bjudzheta subsidij organizacijam agropromyshlennogo kompleksa, krestjanskim (fermerskim) hozjajstvam, individualnym predprinimateljam, zanimajushimsja zakupkoj, hraneniem, pererabotkoj selskohozejstvennoj produkcii, na vozmeshhenie chasti zatrat

na priobrenenie tehnologicheskogo oborudovanija: Postanovlenie Pravitelstva Volgogradskoj oblasti ot 25 avgusta 2014 g. no. 456-p. Volgogradskaja Pravda, 2014, 3 sentjabrja.

4. Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Volgogradskoj oblasti «Razvitie selskogo hozjajstva i regulirovanie rynkov selskohozejstvennoj produkcii, syrja i prodovolstvija» na 2014–2020 gody: Postanovlenie Pravitelstva Volgogradskoj oblasti ot 29.11.2013 g. no. 680-p. Volgogradskaja Pravda, 2013, 11 dekabrja.

5. Ob utverzhdenii Pravil predostavlenija subsidij proizvoditeljam selskohozejstvennoj tehniki: Postanovlenie Pravitelstva RF ot 27 dekabrja 2012 g. no. 1432. Rossijskaja gazeta, 2013, 16 janvarja.

### Рецензенты:

Нагоев А.Б., д.э.н., профессор, профессор кафедры менеджмента и маркетинга, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик;

Придачук М.П., д.э.н., зам. директора, Волгоградский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Волгоград.

УДК 808, 159.99

## РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНОЙ КРЕАТИВНОСТИ – НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЯ

**Воронкова А.А., Чайковская Н.А.**

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
Нижний Новгород, e-mail: anashishikina@mail.ru*

Статья посвящена рассмотрению основных характеристик, влияющих на формирование социальной креативности, психологической и профессиональной зрелости личности будущего предпринимателя. В современных экономических условиях актуальной и чрезвычайно важной является подготовка студентов к предпринимательской деятельности в процессе обучения. В этой связи в статье не только раскрывается само понятие креативности, но также делается акцент на социальной креативности, формирование которой является одним из наиболее эффективных путей достижения социализации и профессиональной зрелости предпринимателя. В данной статье авторы рассматривают следующие необходимые компоненты социальной креативности: социальная зрелость, креативность, творческий и коммуникативный потенциал личности. Описывается практическое применение предложенного комплекса упражнений в процессе обучения студентов будущих предпринимателей, направленного на формирование социальной креативности будущих предпринимателей.

**Ключевые слова:** зрелый возраст, социальная зрелость, коммуникативный потенциал, творческий потенциал, социальная креативность

## DEVELOPMENT OF SOCIAL CREATIVITY IS A NECESSARY CONDITION OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT ENTREPRENEUR

**Voronkova A.A., Chaykovskaya N.A.**

*Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, e-mail: anashishikina@mail.ru*

The article is devoted to consideration of the main characteristics influencing the formation of social creativity, psychological and professional maturity of a future entrepreneur. In the current economic environment relevant and extremely important is to prepare students for entrepreneurial activities in the learning process. In this regard, the article not only reveals the concept of creativity, but also focuses on social creativity, the formation of which is one of the most effective ways of achieving socialization and professional maturity of the entrepreneur. In this article the authors consider the following necessary components of social creativity: social maturity, creativity, creative and communicative potential of the individual. Describes practical application of the proposed set of exercises in the learning process of students, future entrepreneurs, aimed at the development of social creativity of future entrepreneurs.

**Keywords:** middle age, social maturity, communicative potential, creative potential, social creativity

Полноты раскрытия своих способностей человек достигает в зрелом возрасте. Именно тогда он достигает вершины в своей деятельности, социальной зрелости, высшего уровня коммуникативной компетентности, которая является одним из критериев зрелости личности в современном обществе. В психологической науке однозначной возрастной границы наступления зрелого возраста в настоящий момент не существует [4, 14, 15]. Можно лишь говорить о сочетании биологического (средняя продолжительность жизни человека), психологического (уровень адаптации человека к окружающей среде) и социального (степень соответствия человека нормам и правилам, принятым в том или ином обществе) возрастов. Объединение данных трех факторов, согласно Г. Крайгу, приводит к понятию «зрелости» как таковому [4, 2].

Личность предпринимателя этого периода характеризуется высокой способностью к адаптации, активной социальной позицией, ответственностью, потребностью к саморазвитию, умением строить взаимоотношения с разными социальными группами. Становятся социально желательными такие свойства зрелой личности, которые прежде не считались социально необходимыми: компромиссность, предприимчивость, практичность. Однако главным свойством личности бизнесмена является его креативность, способность творчески подходить к работе в любой области, перенастраиваться на новый вид деятельности. Без этой способности, которая нуждается в постоянном развитии и совершенствовании, современный предприниматель существовать не может.

«На современном этапе развития нашего общества как никогда возросла социальная потребность в нестандартно мыслящих

творческих личностях. Решение этих проблем во многом зависит от содержания и методики обучения будущих специалистов» [3]. Поэтому вопрос развития творческого начала будущих предпринимателей является в настоящий момент особенно актуальным.

В силу этого целью данной работы является рассмотрение основных характеристик, влияющих на формирование социальной креативности, психологической и профессиональной зрелости личности будущего предпринимателя.

Социальная зрелость, по мнению В.И. Матис, рассматривается как «устойчивое состояние личности, а социально зрелая личность – как «устойчивая система социально значимых черт, включающая профессиональную, мировоззренческую, нравственную зрелость» [7]. Зрелость психического развития человека, как основа его социальной зрелости, оценивается через социальные проявления, создаёт лишь возможность для самоосуществления человека как члена социума и индивидуальности, которая реализуется при оценке поведения человека сквозь призму социальных ценностей.

Таким образом, наиболее общими характеристиками личностной и социальной зрелости индивидуума являются такие качества, как интегрированность и целостность – устойчивая иерархия мотивов и ценностей, которая ведет к эмоциональной устойчивости, самодостаточности, осмысленности жизненных перспектив» [13]. Однако без всестороннего развития социальной креативности бизнесмен не в состоянии достигнуть социальной зрелости. Более того, он вообще не сможет вести успешный бизнес, а следовательно, ему грозит разорение ещё до достижения им вершин в предпринимательстве. Прежде чем говорить о формах и методах развития социальной креативности, необходимо разобраться, что же понимается под самим понятием «креативность».

*Креативность* как способность к творчеству присутствует на всех ступенях развития способностей. Вершиной её является гениальность [6]. Степень креативности определяет уровень и интенсивность творческого процесса. Креативность в узком смысле слова – это дивергентное мышление, отличительной особенностью которой является разнонаправленность и вариативность поиска разных, в равной мере правильных решений относительно одной и той же ситуации. Наиболее часто способность к творчеству в *социальном контексте* трактуется как «*социальный интеллект*»

(М.И. Бобнева, Ю.Н. Емельянов и др.), «*коммуникативная компетентность*» (Н.А. Аминов, А.А. Кидрон и др.) или как «*социальная компетентность*» (А.А. Бодалев, О.К. Тихомиров). Некоторые ученые рассматривали социальный интеллект как один из уровней проявления общего интеллекта (Дж. Гилфорд и Г. Айзенк).

Наиболее продуктивным подходом к рассмотрению социальной креативности и эффективности взаимодействия личности с другими людьми нам представляется подход, основанный на выделении и анализе особого *коммуникативного потенциала* личности как системы свойств и способностей, обеспечивающих участие личности в социальном взаимодействии и общении, представленный в работах В.В. Рыжова [9].

Базовая модель коммуникативного потенциала личности описана в виде шести основных блоков свойств:

- 1) мотивация общения;
- 2) контактность личности;
- 3) содержательность взаимодействия;
- 4) социоперцептивные способности;
- 5) рефлексивные способности;
- 6) духовно-нравственные ориентации

[10, 11].

Коммуникативная компетентность рассматривается здесь как один из уровней развития коммуникативного потенциала, степень овладения соответствующими умениями и развития необходимых способностей [2]. Она описывается в виде лингвистической, социолингвистической, дискурсивной, стратегической, социокультурной, социальной и психологической компетентности личности. Последняя представляет собой способность личности владеть собственными психологическими ресурсами и грамотно учитывать психологию партнера, быть свободной от барьеров и трудностей коммуникации, уметь оперативно их преодолевать.

Наибольшую популярность в отечественной и зарубежной психологической литературе получило мнение, что интеллект выражает способность *адаптации* человека к окружающей его среде, а креативность, в свою очередь, – способность к ее *преобразованию*. На основании анализа основных подходов исследователей к понятию о социализации личности и наиболее эффективных путях достижения этой цели можно сделать вывод, что одним из основных методов её достижения является формирование *социальной креативности*, то есть способности человека оперативно находить и эффективно применять нестандартные, оригинальные творческие решения в межличностном взаимодействии [6].

Основой для развития социальной креативности, согласно утверждениям А. Полея, являются *творческий и коммуникативный потенциал личности* [8]. *Творческий потенциал личности* представляет собой систему, при помощи которой человек может находить новое, созидать, действуя при этом оригинально и нестандартно в широком диапазоне ситуаций [12]. Творческий потенциал включает в себя: *мотивационный, интеллектуальный, эмоциональный и волевой компонент*.

*Коммуникативный потенциал* представляет собой взаимосвязанную совокупность свойств и способностей, которые обеспечивают участие личности в общении и взаимодействии с другими людьми.

В структуру *социальной креативности* входит целый ряд компонентов: *общая способность к самоактуализации* (общая мотивационная составляющая социальной креативности, ориентация на поиск путей и возможностей реализации потенциалов человека), *социальная мотивация* (потребность индивида в постоянных социальных контактах и мотивационных установках на общение с другими людьми), *коммуникативная компетентность* (синтез лингвистической, социолингвистической, стратегической, дискурсивной, социокультурной, социальной и психологической компетентности).

Основными *функциями* социальной креативности являются: активная адаптация человека к изменяющимся условиям его социальной среды; эффективное взаимодействие с людьми в тактическом и стратегическом направлениях; стратегическое планирование межличностных событий и прогнозирование динамики их развития; мотивационная функция; расширение и углубление социальной компетентности; саморазвитие в контексте активного интересубъектного взаимодействия личности. Основной движущей силой постмодернистского образования является самораскрытие личности индивида в различных видах деятельности. Следовательно, главная задача современной педагогики – помочь создать условия для набора компетентностного потенциала в избранной отрасли [1].

Авторы данной статьи успешно применяли разработанный ими комплекс упражнений по развитию социальной креативности студентов ННГУ им. Н.И. Лобачевского как инновационного способа достижения необходимой конкурентоспособной компетентности будущего предпринимателя в рамках реализуемого в течение нескольких последних лет междисциплинарного проекта «Командное бизнес-планирование», вы-

полняемого так называемыми «смешанными» группами [13]. В них входили студенты 5 курса ННГУ им. Н.И. Лобачевского специальностей «Менеджмент», «Экономика», «Торговое дело», а также будущие юристы и специалисты по PR и рекламе. Забегая вперед, скажем, что успешный опыт привел к идее использования данной технологии среди студентов 1 курса, что и было реализовано в проекте «Разработка командной бизнес-идеи». Кроме того, внутри группы происходит дополнительное деление на подгруппы по 5–6 человек.

В качестве домашнего задания после первого дня знакомства и постановки задачи каждому предлагается сформулировать свою бизнес-идею. Все идеи затем обсуждаются в подгруппах и выбирается одна для «реализации». На заключительном этапе происходит защита бизнес-проектов командами, что рождает дух состязательности, дружеского соперничества. Все это требует от участников определенных качеств. Каждый член подобного временного коллектива должен обладать необходимыми профессиональными знаниями и широким кругозором для осознания значимости разрабатываемого проекта, а также уметь взаимодействовать в команде, интегрировать знания и умения из различных сфер деятельности. Именно поэтому работу каждой группы курировали 2 преподавателя (психолог и экономист), в обязанности которых входило руководство работой над бизнес-планом, а также формирование работоспособной команды, создание творческой атмосферы, располагающей к увлеченной работе и полной реализации способностей каждого участника. В связи с этим роль психолога в первые дни была особенно значима, тогда как во второй половине проекта все больше консультаций студентам требовалось от экономиста. Для того, чтобы сформировать команду, психолог активно вводил в занятия элементы тренинга: упражнения на знакомство и сплочение, самопрезентация, рефлексия, генерирование идей, преодоление «ораторской лихорадки», выработка лидерских качеств и умения работать в команде и т.д. Каждый день начинался с доверительной беседы «в кругу», где участники не только делились своими мыслями, но и настраивались на продуктивную работу. Для многих такое внимание к собственной чувственной сфере стало открытием. Работа в режиме тренинга отличается рядом специфических правил (принцип активности, исследовательской творческой позиции, объективации (осознания) поведения, партнерского (субъект-субъектного) общения).

Конечно, в процессе работы над проектом студенты коллективно определяли тему своего проекта (конкретный бизнес-план предприятия), распределяли роли, анализировали свою деятельность в ежедневных обсуждениях вклада каждого в командное дело. Тогда же наиболее явно проявлялись профессиональные и человеческие качества каждого участника проекта. Как правило, сразу выделялись лидеры, нередко возникали конфликты, иногда ослабевал интерес и мотивация – все это потребовало от студентов обращения к специальной литературе по психологии и социологии, получение знаний о «зонах роста команды» и профилактике ее распада. Генерирование идей стимулировалось использованием эвристических методов «мозгового штурма», «гирлянд ассоциаций» и пр.

Представление конечных результатов – важнейший заключительный этап проекта «Командное бизнес-планирование». Здесь с помощью специальных упражнений были актуализированы речевые и коммуникативные компетенции, навыки публичного выступления, аргументации, оппонирования.

Следует отметить, что специалисты-предприниматели являются по сути своей универсальными специалистами. Они заняты в различных сферах деятельности: начиная от рекламных агентств, бизнес-структур и заканчивая международными компаниями.

Стремительное нарастание потребности в грамотных предпринимателях в России делает исследования методологии и методики их обучения и воспитания особенно актуальными [2].

А.Н. Лебедев-Любимов подчеркивает роль психологии и психоанализа в изучении мотивов и потребностей личности, реализуемых в той или иной сфере. В настоящее время только с помощью их можно «ответить на вопрос, например, зачем бизнесмену огромное количество денег...» [2, 3]. Причиной такого поведения становятся окружающие люди и их мнение. Именно они являются ведущей движущей силой всех человеческих стремлений к лучшему, желаний сделать что-то новое, отличаться от других. Организацией же трансляции мнения окружающих занимаются как раз специалисты интересующей нас профессии.

Для реализации данной задачи необходим детальный анализ современного состояния российской системы образования, разработка глобальной, объединяющей воедино все ценности современного

общества системы, где личность является не просто носителем знаний, приспособляющейся к тем или иным условиям, диктуемым со стороны общества, но и самораскрывающей свои внутренние ресурсы, способной не просто мимикрировать к окружающей среде, но инновационно её преобразовывать. В настоящее время настоятельно необходимым является проведение новых глубоких исследований путей формирования конкурентоспособного, компетентного в избранной отрасли знаний и умений человека.

### Список литературы

1. Винник В.К., Зимица С.В., Воронкова А.А. Применение учебной платформы moodle для организации дистанционной поддержки образовательного процесса на примере дисциплины «Рекламоведение» // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–17. – С. 3821–3824.
2. Воронкова А.А., Кашина О.П. Проблема формирования языковой личности и духовной зрелости современных российских предпринимателей // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 2–15. – С. 3417–3421.
3. Гузев В.В. Планирование результатов образования и образовательная технология. – М.: Народное образование, 2010. – С. 240.
4. Крайг Г. Психология развития. – СПб.: Питер, 2002. – 992 с.
5. Лебедев-Любимов А.Н. Психология рекламы. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 384 с.
6. Маневич Н.А. Развитие социальной креативности у интеллектуально одаренных детей младшего школьного возраста: дис. ... канд. психол. наук. – Нижний Новгород, 2006. – 171с.
7. Матис В.И. Социология образования и формирования личности. – Барнаул: Изд-во БГПУ, 1995. – 181 с.
8. Попель А.А. Психологические условия развития социальной креативности студентов в процессе профессиональной подготовки: автореф. дис. ... канд. психол. наук. – Нижний Новгород, 2005. – 24 с.
9. Рыжов В.В. Психологические основы коммуникативной подготовки педагога. – Нижний Новгород, 1994. – 182 с.
10. Рыжов В.В. Психологические основы коммуникативной подготовки: дис. ... д-ра психол. наук. – Новосибирск, 1995. – 395 с.
11. Рыжов В.В., Воронцов М.Л. Профессиональный потенциал личности и условия его развития // *Актуальные проблемы науки и гуманитарного образования: сб. науч. трудов / под ред. В.В. Рыжова*. – Вып. 3. – Нижний Новгород, 2003.
12. Чайковская Н.А. Креативность как основа деятельности PR-специалиста // *Вестник Нижегородского государственного лингвистического университета им. Н.А. Добролюбова*. – Вып. 15. – Н. Новгород: ФГБОУ ВПО НГЛУ, 2011. – С. 252–262.
13. Шишикина А.А., Кашина О.П., Нацвалова М.Ю. Формирование культуры общения и социальной зрелости предпринимателя с применением методов проблемного обучения // *Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева*. – 2013. – № 1[12]. – С. 102–109.
14. Birren J., Cunningham W.R. Research on the psychology in aging: Principles and experimentation. – New York, Van Nostrand Reinhold, 1985.
15. Neugarten, B.L. Adult personality: Toward a psychology of the life cycle. – Chicago: university of Chicago Press, 1968.

### References

1. Vinnik V.K., Zimina S.V., Voronkova A.A. Primenenie uchebnoi platformy moodle dlya organizatsii distantsionnoi podderzhki obrazovatel'nogo processa na primere discipliny «Reklamovedeniye» // Fundamentalnye issledovaniya. 2015. no. 2–17. pp. 3821–3824.
2. Voronkova A.A., Kashina O.P. Problema formirovaniya yazykovoi lichnosti i duhovnoi zrelosti sovremennykh rossiiskikh predprinimatelei // Fundamentalnye issledovaniya. 2015. no. 2–15. pp. 3417–3421.
3. Guzeev V.V. Planirovaniye rezultatov obrazovaniya i obrazovatel'naya tekhnologiya M.: Narodnoye obrazovanie, 2010. pp. 240.
4. Kraig G. Psihologiya razvitiya. SPb.: Piter, 2002. 992 p.
5. Lebedev-Lyubimov A.N. Psihologiya reklamy. 2-e izd. SPb.: Piter, 2007. 384 p.
6. Manevich N.A. Razvitiye socialnoi kreativnosti u intellektualno odarennykh detei mladshogo shkol'nogo vozrasta: dissertatsiya kand. psihol. nauk. Nizhnii Novgorod. 2006. 171 p.
7. Matis V.I. Sociologiya obrazovaniya i formirovaniya lichnosti. Barnaul: Izd-vo BGPU, 1995. 181 p.
8. Popel A.A. Psihologicheskie usloviya razvitiya socialnoi kreativnosti studentov v processe professionalnoi podgotovki: Avtoref. dis.kand.psihol.nauk. Nizhnii Novgorod, 2005. 24 p.
9. Ryzhov V.V. Psihologicheskie osnovy kommunikativnoi podgotovki pedagoga. Nizhnii Novgorod, 1994. 182 p.
10. Ryzhov V.V. Psihologicheskie osnovy kommunikativnoi podgotovki: dissertatsiya doktora psihol. nauk. Novosibirsk, 1995. 395 p.
11. Ryzhov V.V., Voroncov M.L. Professionalnyi potentsial lichnosti i usloviya ego razvitiya // Aktualnye problemy nauki i gumanitarnogo obrazovaniya: Sb. nauchn.trudov / Pod red. V.V. Ryzhova. Vyp. 3. Nizhnii Novgorod, 2003.
12. Chaikovskaya N.A. Kreativnost kak osnova deyatel'nosti PR-specialista // Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta im. N.A. Dobrolyubova. Vypusk 15. N. Novgorod: FGBOU VPO NGLU, 2011. pp. 252–262.
13. Shishikina A.A., Kashina O.P., Nacvalova M.Yu. Formirovaniye kultury obsheniya i socialnoi zrelosti predprinimateley s primeneniye metodov problemnogo obucheniya // Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatischeva. 2013. no. 1[12]. pp. 102–109.
14. Birren J., Cunningham, W.R. Research on the psychology in aging: Principles and experimentation. New York, Van Nostrand Reinhold, 1985.
15. Neugarten, B.L. Adult personality: Toward a psychology of the life cycle. Chicago: university of Chicago Press, 1968.

### Рецензенты:

Трофимов О.В., д.э.н., профессор кафедры экономики фирмы, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород;

Шамов А.Н., д.п.н., профессор кафедры методики преподавания иностранных языков, Нижегородский государственный лингвистический университет им. Н.А. Добролюбова, г. Нижний Новгород.

УДК 338.439

## ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН: ПУТИ ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

<sup>1</sup>Гатауллин Р.Ф., <sup>2</sup>Нусратуллин В.К.

<sup>1</sup>ФГБУН «Институт социально-экономических исследований» Уфимского научного центра  
Российской академии наук, Уфа, e-mail: gataullin.r2011@yandex.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», Уфа, e-mail: nvk-ufa@rambler.ru

В статье на основе анализа динамики производства и потребления сельскохозяйственной продукции, ее ввоза оценена степень продовольственной самостоятельности Республики Башкортостан. Предложены конкретные меры по модернизации агропромышленного комплекса республики, нацеленные на удовлетворение спроса на основные виды продукции за счет собственного производства и обеспечение конкурентоспособности местных производителей на рынке, что включает меры по активизации сельскохозяйственных кооперативов, привлечение капиталов в отрасль, повышение ее технического уровня. Предусматриваются также институциональные преобразования – изменения в полномочиях органов власти различных уровней в регулировании сельскохозяйственного производства. Обоснована необходимость разработки конкретного плана по республике с четкой постановкой целевых задач, подкрепленных институциональными и инновационными изменениями в технологии производства. В то же время предлагается усилить эффективное применение традиционных методов поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей. В части экономических мер обратить большее внимание на льготное кредитование, совершенствование механизма лизинга племенного скота, сельхозтехники, повышение эффективности переработки сельскохозяйственного сырья и т.д. В части организационных мер – на дальнейшее развитие инфраструктуры рынка, организацию ярмарок, оптовых рынков и т.д. В части административных мер – на проведение мониторинга безопасности и качества продовольствия в республике и административных районах, разработку комплексной программы обеспечения продовольственной безопасности республики, осуществление технологической модернизации во всех подотраслях сельского хозяйства и т.д.

**Ключевые слова:** продовольственная самодостаточность, сельскохозяйственная кооперация, привлечение капиталов, институциональные преобразования

## FOOD SECURITY THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN: WAYS OF ITS SOFTWARE

<sup>1</sup>Gataullin R.F., <sup>2</sup>Nusratullin V.K.

<sup>1</sup>Federal state budgetary institution of science «Institute of socio-economic studies of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, e-mail: gataullin.r2011@yandex.ru;

<sup>2</sup>VPO «Bashkir State University», Ufa, e-mail: nvk-ufa@rambler.ru

On the basis of analysis of the dynamics of production and consumption of agricultural products, their estimated level of import of food independence of the Republic of Bashkortostan. Proposed specific measures to modernize the agriculture of the country, aimed at meeting the demand for basic products from own production and ensuring the competitiveness of local manufacturers in the market, which includes measures to strengthen the agricultural cooperatives, the attraction of capital into the sector, improving its technical level. Provision is also institutional changes – changes in the powers of the authorities at different levels in the management of agricultural production. The necessity of developing a specific plan for the country with a clear formulation of targets, backed by institutional and innovative changes in production technology. At the same time it proposed to strengthen the effective application of traditional methods of support to agricultural producers. As part of the economic measures to pay more attention to the concessional lending, improving the mechanism of leasing of pedigree livestock, agricultural machinery, improving the efficiency of agricultural raw materials, etc. As part of the arrangements – the further development of market infrastructure, the organization of fairs, wholesale markets, etc. In terms of administrative measures – to monitoring the safety and quality of food in the country and the administrative regions, the development of a comprehensive program to ensure food security of the country, the implementation of technological modernization in all sub-sectors of agriculture, etc.

**Keywords:** food self-sufficiency, agricultural cooperation, attraction of capital, institutional transformation

**Об обострении проблемы продовольственной безопасности.** Для достижения мирового господства финансовые олигархи ставят следующие основные задачи на пути к своему всевластию:

1) создание на планете системного кризиса и нестабильности;

2) организация голода и природных бедствий;

3) формирование общественного мнения в пользу единого мирового правительства [2].

Одним из путей решения этих задач является введение экономических санкций против России, которые, как показывает опыт, имеют тенденцию к ужесточению.

Поскольку продовольственная безопасность является одним из важнейших

компонентов национальной безопасности страны, то эти санкции в ближайшем будущем будут направлены и на ее ослабление с целью провоцирования в нашей стране продовольственного кризиса. Дело может дойти до прямого запрета к нам экспорта продовольствия. Не обойдут эти процессы и нашу республику. Готовы ли мы вместе со всей страной к отражению этого натиска внешних геополитических сил, к преодолению провоцируемого продовольственного кризиса на региональном уровне? Чтобы ответить на этот вопрос, вначале вспомним некоторые положения доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации.

Доктрина продовольственной безопасности России предусматривает пороговые значения удельного веса отечественных производителей по производству зерна – не менее 95%; сахара – не менее 80%; растительного масла – не менее 80%; мяса и мясопродуктов (в пересчете на мясо) – не менее 85%; молока и молокопродуктов (в пересчете на молоко) – не менее 90%; рыбной продукции – не менее 80%; картофеля – не менее 95%; соли пищевой – не менее 85% [4]. Как у нас обстоит дело с этими критериальными показателями?

**Состояние продовольственного обеспечения в республике.** Если судить по данным статистики, то уровень самообеспечения основной сельскохозяйственными продуктами в республике достаточно высок. Так, по мясу и мясопродуктам на 2013 г. он составил 73,9%, молоку – 105,8, яйцам – 86,2, картофелю – 117,5, овощам – 84,5% [5].

Однако здесь настораживает не только тот факт, что по одному из основных продуктов – мясу – мы не дотягиваем до порогового критерия на 11–12%, но и то, что, во-первых, по трем из пяти видов сельскохозяйственной продукции, которые можно эффективно производить в условиях нашей республики, мы не можем обеспечить себя за счет собственного производства; во-вторых, практически по всем видам продукции имеем отрицательный тренд.

Соответственно, если в 2000 г. уровень самообеспечения в республике составлял по мясу 89%, в 2005 г. – 87,7, то уже в 2013 г. он составил только 73,9%; по яйцам аналогичные значения показателей составили 119,8; 108,2 и 80,2%. По молоку в 2005 г. значение показателя было равным 110,6%, а в 2013 г. – 105,5%; по овощам, соответственно – 68,7 и 83%.

Можно заметить убывающую тенденцию самообеспечения республики по

важнейшим видам сельскохозяйственной продукции. И это не удивительно, если динамика производства продукции сельского хозяйства своим замедлением заложила эту тенденцию. Рассмотрим для подтверждения этого факта лишь производство продукции животноводства, поскольку убыль производства продукции растениеводства можно списать на неблагоприятные погодные условия 2010 г. Хотя зависимость от погодных условий уже свидетельствует об экстенсивном ведении сельского хозяйства и заведомо заложенных предпосылках его неустойчивости.

Так, если в хозяйствах всех категорий в 2010 г. скота и птицы на убой производилось 467,1 тыс. т, то в 2013 г. – только 372,7, убыль на 20,2%. Соответственно по молоку эти данные составили 2078,1; 1111,0 тыс. т и 17,3%, по яйцам – 1216,6; 1115,8 млн шт. и 8,3%.

Анализ формирования продовольственных ресурсов и их использование в Республике Башкортостан показывает высокий уровень колебания объемов производства, тенденцию к повышению доли ввоза в этом процессе (таблица).

За 2010–2013 гг. убывает и потребление населением мяса и мясопродуктов (с 77 кг на душу населения до 76), хлебных продуктов (соответственно: 126 и 121). Потребление молока и молокопродуктов снизилось 2010–2013 гг. (332 и 310 кг на душу населения). В 2013 г. уровень их потребления уже не достигает рекомендуемых объемов потребления пищевых продуктов (320–340 кг в год на чел.).

Не достигает требуемых норм в Башкортостане и потребление рыбы и рыбопродуктов (потребление 9 кг на душу населения при требуемых 18–22 кг в год на чел.), овощей (соответственно 82 и 120–140), фруктов и ягод (соответственно 46 и 90–100). А вот хлебом мы питаемся больше нижней нормы на 28,4%, верхней – на 16,2%. Картофеля потребляется еще больше (соответственно на 33,7 и 27,0%) [1].

То есть наш пищевой рацион типичен для развивающихся стран с бедным населением. Что делать в этой ситуации?

**Пути решения проблемы экономического роста в сельском хозяйстве.** Неутешительные успехи сельскохозяйственного производства в нашей стране традиционно принято объяснять издержками аграрной реформы. В то же время нельзя не заменить отсутствие цельного, системного взгляда на решение проблем аграрного сектора экономики.

Продовольственные ресурсы и их использование, тыс. т

Показатели \ Годы	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Зерно</b>						
Производство (в весе после доработки)	2520,7	2884,0	781,0	3002,9	1672,2	2038,7
Использование	2426,2	3043,0	1658,1	1849,5	1930,7	1904,1
<b>Мясо и мясопродукты</b>						
Ресурсы	267,3	312,3	386,8	357,0	359,0	367,8
в том числе:						
Запасы на начало года	34,4	38,0	57,5	58,5	36,8	40,2
Производство	204,4	225,7	278,9	228,9	221,6	229,3
Ввоз, включая импорт	28,5	48,6	50,4	69,6	100,6	98,1
Использование, в том числе:						
Личное потребление	228,6	256,5	313,8	307,4	306,5	309,5
Вывоз, включая экспорт	5,6	9,3	13,8	12,1	11,6	12,9
Производственное потребление и потери	1,1	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7
Запасы на конец года	32,1	45,6	58,5	36,8	40,2	44,5
<b>Овощи и продовольственные бахчевые культуры</b>						
Ресурсы	351,1	484,4	421,6	474,7	458,9	490,8
в том числе:						
Запасы на начало года	116,0	145,9	109,4	51,7	70,7	50,6
Производство	202,2	317,8	254,3	338,3	281,4	357,6
Ввоз, включая импорт	32,9	23,7	57,9	84,7	106,8	82,6
Использование, в том числе:						
Личное потребление	208,9	247,6	293,1	335,2	338,4	353,5
Производственное потребление	37,7	45,2	54,4	48,2	49,5	56,3
Потери	5,9	21,8	22,4	19,3	16,0	13,5
Вывоз, включая экспорт	5,1	0,0	–	1,3	4,4	4,0
Запасы на конец года	93,5	169,8	51,7	70,7	50,6	63,5

Аграрные реформы пора завершать и методично, но настойчиво решать обычные стратегические и тактические задачи по повышению устойчивости и эффективности сельскохозяйственного производства, не забывая при этом, что главная из них состояла и состоит в том, что сельскохозяйственная деятельность и производство должны быть ориентированы в первую очередь на удовлетворение спроса внутреннего рынка, на обеспечение потребностей граждан республики продуктами питания, отвечающими современным экологическим стандартам.

Отсюда вытекает необходимость:

- восстановления и развития молочного и мясного животноводства;
- формирования собственных мощностей по переработке сельскохозяйственного сырья, развития производственной, сбытовой, транспортной инфраструктуры в сельскохозяйственной сфере;
- создания системы мотивации высокопроизводительного труда, что должно стать основой создания эффективных орга-

низационных форм сельскохозяйственного производства;

- разработки и пополнения системы машин, позволяющих на высокой технико-технологической основе выполнять весь цикл сельскохозяйственных работ как в растениеводстве, так и в животноводстве;

– совершенствования и расширительного применения механизмов сезонного страхования рисков сельского хозяйства;

- усиление инициативной деятельности государства по созданию современной научно-производственной, социально-бытовой и культурно-оздоровительной инфраструктуры сельского хозяйства.

Что касается хозяйств населения, то в сфере производства этими категориями хозяйств необходимо проявить большую активность в восстановлении системы сельскохозяйственной и потребительской кооперации, в частности концентрируя внимание на:

- использовании механизма субсидий и прямого государственного финансирования, направления средств на формирование

производственной и транспортной инфраструктуры сельскохозяйственного производства;

– создании кооперативных машинно-тракторных, технических, технологических, транспортных станций, в том числе для ремонта сельхозтехники;

– развитии кооперативных крестьянских объединений для проведения полного цикла сельскохозяйственных работ от отбора посевного фонда до сбора урожая, его транспортировки, хранения и возможной реализации;

– восстановлении традиций «садоводческого движения» и сбора излишков собираемой продукции у частных лиц, иницировании развития сети кооперативных магазинов, обладающих правом приема продукции и ее реализации;

– создании системы кооперативного финансирования сельских производителей, исходя из сезонности и цикличности производства сельскохозяйственной продукции и т.д. [3].

Необходимо на основе государственно-частного партнерства и прямых государственных инвестиций шире реализовать проекты по созданию на местах мини-производств по переработке сельскохозяйственного сырья, в том числе за счет предоставления налоговых преференций кооперации сельхозпроизводителей, включая хозяйства населения, предусматривая в дальнейшем их передачу в частные руки на условиях рассрочки.

На наш взгляд, необходимо расширение инициативы в организации так называемых самоорганизующихся обществ, ассоциаций и пр., которые бы непосредственно представляли интересы сельскохозяйственных работников – как отдельных фермеров, так и кооперативов частных производителей.

Именно они в состоянии обеспечивать информационно-правовое, санитарно-ветеринарное, машинно-техническое, инвестиционно-страховое обслуживание и непосредственную связь с Министерством сельского хозяйства, осуществляющим стратегическое планирование и прогнозирование сельхозпроизводства по отдельным отраслевым сегментам, предвидение возникающих рисков внутри республики и за ее пределами, возможных интервенций, формирования стратегических запасов, потребления внутри республики, в том числе использования для технических нужд, на продовольственные цели, формирование кормовой базы и т.п.

Что касается сельскохозяйственных предприятий, существует реальная необходимость активизации деятельности по созданию эффективно работающих гори-

зонтально, вертикально и смешанно интегрированных объединений, например, типа концернов, способных к широкой диверсификации производственно-хозяйственной и сбытовой деятельности. Обычно участники концернов объединяют не только экономический потенциал, но и усилия в рыночной стратегии. Основным преимуществом концерна является концентрация финансовых и других ресурсов.

В то же время необходимо усилить эффективное применение традиционных методов поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей.

В части экономических мер стимулирования развития сельскохозяйственного производства обратить большее внимание:

– на льготное кредитование, в том числе и под залог продукции будущего урожая;

– совершенствование механизма лизинга племенного скота, сельхозтехники;

– повышение эффективности переработки сельскохозяйственного сырья;

– создание продовольственных интервенционистских фондов;

– обеспечение финансирования научных разработок, прогнозирования аграрного рынка региона и т.д.

В части организационных мер:

– на дальнейшее развитие инфраструктуры рынка, в том числе на строительство пунктов первичного сбора и переработки сельскохозяйственного сырья, хранилищ, качественных дорог и т.п.;

– организацию ярмарок, оптовых рынков и т.д.

В части административных мер:

– на проведение мониторинга безопасности и качества продовольствия в республике и административных районах;

– разработку комплексной программы обеспечения продовольственной безопасности республики;

– осуществление технологической модернизации во всех подотраслях сельского хозяйства;

– формирование кадрового потенциала отрасли, способного осваивать инновации;

– проведение масштабных работ по восстановлению производства на заброшенных сельхозугодиях;

– создание современной социальной инфраструктуры на сельских территориях строительством жилья, дорог, школ, медпунктов, торговых точек и т.д.

Нужно разработать конкретный план мероприятий по республике с четкой постановкой целевых задач. Сегодня на первый план выдвигаются инвестиции, подкрепленные институциональными и инновационными изменениями в технологии

производства, что не снимает ответственности государства за состояние дел на селе. Предлагаемые нами направления требуют соответствующего инструментария поддержки реализации, где роль государства будет как иницирующей, стимулирующей, так и контрольно-координирующей производственного цикла в целом в сфере сельского хозяйства, в том числе при активизации роли науки и научно-исследовательской деятельности.

*Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ, проект (по. 15-12-02023) «Интегрированное межтерриториальное взаимодействие в условиях экономических и политических вызовов».*

#### Список литературы

1. Галиев Р.Р. Проблемы продовольственного обеспечения и землепользования в Башкортостане // Экономика региона. – 2015. – № 1. – С. 184.
2. Ивашов Л. Геополитическая картина мира XXI столетия [Электронный ресурс] – режим доступа: maxpark.com/vser/298691262/content/937620/
3. Гатауллин Р.Ф., Нусратуллин В.К., Гизатуллин Х.Н., Аскарлов А.А., Гарипов Ф.Н., Хужахметова Г.Н., Ярков Н.В. Институциональные основы модернизации агропромышленного комплекса региона (на примере Республики Башкортостан); Коллективная монография. – Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2014. – 200 с.
4. Продовольственная безопасность России согласно Доктрине [Электронный ресурс] – режим доступа:

agro-bursa/gaseta/agrorynok/2014/03/31/doktrina-prodovolstvennoj-bezopasti.html.

5. Республика Башкортостан в цифрах: в 2 ч. Ч. 2 // Башкортостанстат. – Уфа, 2014. – С. 67.

#### References

1. Galiev R.R. Problemy prodovolstvennogo obespechenija i zemlepolzovanija v Bashkortostane // Jekonomika regiona. 2015. no. 1. pp. 184.
2. Ivashov L. Geopoliticheskaja kartina mira NHI stoletija [Jelektronnyj resurs] rezhim dostupa: maxpark.com/vser/298691262/content/937620.
3. Institucionalnye osnovy modernizacii agropromyshlennogo kompleksa regiona (na primere Respubliki Bashkortostan); Kollektivnaja monografija / Gataullin R.F., Nusratullin V.K., Gizatullin H.N., Askarov A.A., Garipov F.N., Huzhahmetova G.N., Jarkov N.V. Ufa: ISJEI UNC RAN, 2014. 200 p.
4. Prodovolstvennaja bezopasnost Rossii soglasno Doktrine [Jelektronnyj resurs] rezhim dostupa: agro-bursa/gaseta/agrorynok/2014/03/31/doktrina-prodovolstvennoj-bezopasti.html.
5. Respublika Bashkortostan v cifrah: v 2 ch. Ch. 2 // Bashkortostanstat. Ufa, 2014. pp. 67.1. Galiev R.R. The problems of food supply and land use in Bashkortostan. The regions economy. 2015. no. 1. pp. 184.

#### Рецензенты:

Аскарлов А.А., д.э.н., доцент, Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа;

Самигуллин В.К., д.ю.н., профессор, зав. кафедрой теории государственного права и международных отношений, НОУ «Академия ВЭГУ», г. Уфа.

УДК 332.146.2

## О КРИТЕРИЯХ И ПОКАЗАТЕЛЯХ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

**Графов А.В., Моисеев А.Д., Графова Г.Ф., Шахватова С.А.**

*ФГБОУ ВПО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», Липецк, e-mail: lfags48@gmail.com*

В целях обеспечения конкурентоспособности на современных рынках его субъекты в целом и регионы в частности используют стратегии, обеспечивающие им конкурентные преимущества и, прежде всего, инвестиционную привлекательность. Конкурентные преимущества могут быть представлены совокупностью экономических, правовых, социальных, экологических и других позиций развития хозяйствующих систем различного уровня управления. Существуют несколько подходов к оценке конкурентных преимуществ отдельных регионов как хозяйствующих субъектов. В статье предложена методика и выполнены расчеты по оценке конкурентоспособности региона на основе ряда факторов его экономического развития. Инновационность алгоритма определяется его способностью связать процесс оценки и обеспечения эффективного социально-экономического развития региона. Используя разработанные методические подходы возможно систематически проводить региональный мониторинг социально-экономических процессов, что позволит повысить качество мониторинга системных показателей, определяющих эффективность экономического развития региона.

**Ключевые слова:** регион, конкурентоспособность, темпы роста, факторы экономического развития, коэффициенты развития региона, рейтинговая оценка

## CRITERIA AND INDICATORS OF REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT

**Grafov A.V., Moiseev A.D., Grafova G.F., Shakhvatova S.A.**

*The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Lipetsk, e-mail: lfags48@gmail.com*

In order to ensure competitiveness in today's market of its subjects as a whole and in particular regions employ strategies to ensure their competitive advantages and, above all, investment attractiveness. Competitive advantages can be represented by a set of economic, legal, social, environmental and other items of business systems at various levels of management. There are several approaches to the evaluation of the competitive advantages of individual regions as the economic entities. The most important seems multifactorial approach that is based on the relationship group factors ensuring the competitiveness of a given region relative to other regions, or their combination, at the level of the national economy. In this article it has been suggested the method of estimation of region competitiveness and have been made the relevant calculations based on number of factors of region development. Innovative algorithms is determined by its ability to link the evaluation process and ensuring effective socio – economic development of the region. Using the developed methodological approaches may systematically monitor the regional socio – economic processes that will improve the quality of the monitoring of system parameters that determine the effectiveness of the economic development of the region.

**Keywords:** competitiveness, growth rate, factors of economic development, ratio of region development, rating estimation

Объективная оценка возможностей экономического и социального развития регионов (территорий) Российской Федерации представляется весьма актуальной и не- безразличной как для федеральных, так и территориальных органов управления, а главное, для потенциальных инвесторов, в частности иностранных. При этом должны быть четко обозначены конкурентные преимущества того или иного региона, которые могут быть представлены совокупностью правовых, экономических, социальных, экологических и других позиций развития хозяйствующих систем различного уровня управления.

Среди многочисленных подходов к оценке инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности отдельных регионов как хозяйствующих субъек-

тов наиболее значимым представляется многофакторный анализ (подход), базирующийся на взаимосвязи группы факторов, прежде всего экономической и социальной направленности.

Чисто теоретически обобщающим критерием экономического развития региона при многофакторном подходе может быть обозначена сумма средневзвешенных оценок:

$$R = \sum(k_i \cdot d_i), \quad (1)$$

где  $R$  – рейтинг региона, т.е. относительный уровень экономического развития территории, доли единицы;  $k_i$  – балльная оценка (интегральный коэффициент)  $i$ -го фактора, доли единицы;  $d_i$  – значимость  $i$ -го фактора в совокупности влияния всех факторов, доли единицы.

Этапы формирования рейтинга региона на примере Липецкой области (ЛО) представляется в следующей последовательности.

1. Выбор объекта сравнения. Рейтинговая оценка состояния и развития любого российского региона может осуществляться по отношению к аналогичному показателю, рассчитываемому:

- по зарубежному субъекту;
- по Российской Федерации в целом;
- по другому субъекту (региону) Российской Федерации.

В настоящем исследовании в качестве базы (норматива) для сравнения была использована статистическая информация по данным развития экономики России. Такой ориентир определился, главным образом тем фактом, что в начале XXI столетия в экономике России преимущественные позиции обозначались положительными тенденциями, причем темпы роста экономики народного хозяйства страны находились на уровне темпов роста рыночных экономик многих развитых стран мира (и даже превосходили их).

2. Определение временного лага исследования. За период исследования был принят временной лаг 2000–2013 гг., который после дефолта 1998 года характеризуется положительными изменениями как в экономике России в целом, так и в экономике регионов страны.

Этот временной отрезок целесообразно разделить на два периода:

- первый период 2000–2008 гг.;
- второй период 2009–2013 гг.

Первый период характеризуется достаточно высоким динамичным экономическим развитием, сопоставимым, а за отдельные годы (2006–2007 гг.) превосходящим темпы развития передовых стран мирового сообщества. Однако финансовый кризис мировой экономики в 2008–2009 гг., безусловно, сказался на уровне развития России в целом и отдельных ее регионов во втором периоде и предположительно на последующий период вплоть до 2018 г.

3. Формирование исходной статистической информации. Источниками информации могут служить сборники статистических данных, доступные для широкого использования, в то же время для углубленного анализа могут потребоваться закрытые данные, представляющие государственную или коммерческую тайну. В отдельных случаях полезной может оказаться информация по технико-экономическому обоснованию крупнейших инновационно-инвестиционных проектов, имеющих особую значимость для социально-экономического развития региона. Вместе с тем приоритет в формиро-

вании цифровой информации для анализа социально-экономической ситуации хозяйствующих субъектов должен быть отдан Российскому статистическому ежегоднику. 2014: Стат.сб. / Росстат. – М.: 2014, так как именно этот сборник раскрывает широкий спектр необходимых для анализа абсолютных и относительных показателей.

В табл. 1 представлен ряд важнейших абсолютных показателей, характеризующих динамику развития экономики России и Липецкой области за период 2000–2013 гг.

Отметим, что максимальный уровень важнейших абсолютных показателей приходится на 2013 г., несмотря на негативное влияние финансового кризиса 2008–2009 гг.

4. Формирование относительных показателей эффективности развития хозяйствующих субъектов. В качестве оценочных показателей для формирования рейтинга Липецкой области были приняты следующие:

- производительность труда, определяемая отношением величины валового регионального продукта к численности населения, занятого в экономике;
- фондоотдача, определяемая как отношение величины валового регионального продукта к балансовой стоимости основных фондов;
- инвестиционная активность, определяемая отношением объема инвестиций к величине валового регионального продукта;
- конкурентоспособность отечественной продукции или торговая активность с зарубежными партнерами, определяемая как отношение объема экспортных поставок к величине валового регионального продукта;
- инновационная активность, определяемая отношением затрат на исследования и разработки к величине валового регионального продукта;
- среднемесячная номинальная заработная плата – данные статистических ежегодников;
- экологическая безопасность (опасность), определяемая отношением численности населения к объемам выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, то есть это величина, обратная выбросам в атмосферу загрязняющих веществ в расчете на одного человека.

Безусловно, перечень как абсолютных, так и относительных показателей может уточняться в зависимости от целей и задач исследования.

В настоящей статье упор сделан на использование относительных показателей, прежде всего в целях устранения влияния инфляции и получения более объективных оценочных показателей конкурентных преимуществ.

Таблица 1

Информационная база оценки развития хозяйствующих систем

Показатели	Един. изм.	Российская Федерация			Липецкая область		
		2000	2008	2013	2000	2008	2013
Валовый региональный продукт (ВРП)	млрд руб.	7305	34320	66755	48	260	317
Численность населения	млн чел.	146,3	142,8	143,3	1,23	1,19	1,16
Численность населения, занятого в экономике	млн чел.	64,5	68,9	67,9	0,57	0,55	0,59
Основные фонды по полной (балансовой) стоимости	млрд руб.	17464	74471	133522	140	525	880
Инвестиции в основной капитал	млрд руб.	1165	8782	13256	6	88	101
Экспорт	млрд дол.	105033	471603	523275	1080	5531	4364
Затраты на исследования и разработки	млрд руб.	76697	431073	749798	23	82	141
Среднемесячная номинальная зарплата	руб./чел.	2223	17290	29792	1881	13372	21391
Выброс в атмосферу загрязняющих веществ	млн.т.	18,8	20,1	18,5	0,31	0,31	0,31

Таблица 2

Темпы роста экономики Российской Федерации и Липецкой области

Показатели	Ед. изм.	2000	2008	2013	Темпы роста, отн. ед.			Среднегодовые темпы роста, отн. ед.		
					2008 к 2000	2013 к 2008	2013 к 2000	2000–2008	2008–2013	2000–2013
1	2	3	4	5	6 = 4:3	7 = 5:4	8 = 5:3	9	10	11
Производительность труда										
РФ	тыс.руб./чел.	89	498	983	5,60	1,97	11,04	1,24	1,15	1,20
ЛО		84	472	537	5,62	1,14	6,39	1,24	1,03	1,15
Фондоотдача										
РФ	руб./руб.	0,42	0,46	0,50	1,10	1,09	1,19	1,01	1,02	1,01
ЛО		0,34	0,49	0,36	1,44	0,73	1,06	1,05	0,94	1,00
Уровень инвестиций к объему ВРП										
РФ	руб./руб.	0,16	0,26	0,20	1,63	0,77	1,25	1,06	0,95	1,02
ЛО		0,13	0,34	0,32	2,62	0,94	2,46	1,13	0,99	1,07
Экспорт к объему ВРП										
РФ	долл./тыс. руб.	14,8	13,7	7,84	0,96	0,57	0,55	0,99	0,89	0,95
ЛО		22,5	21,3	13,8	0,95	0,65	0,61	0,99	0,92	0,96
Затраты на исследования и разработки в объеме ВРП										
РФ	руб./тыс.руб.	10,5	12,6	11,2	1,20	0,89	1,07	1,02	0,98	1,01
ЛО		0,48	0,32	0,44	0,67	1,38	0,92	0,95	1,07	0,99
Среднемесячная номинальная зарплата										
РФ	руб./чел.	2223	17290	29792	7,78	1,72	13,4	1,29	1,11	1,22
ЛО		1881	13372	21391	7,11	1,60	11,37	1,28	1,10	1,21
Степень экологической безопасности										
РФ	чел./т	7,78	7,1	7,75	0,91	1,09	1,00	0,99	1,02	1,00
ЛО		3,97	3,84	3,74	0,97	0,97	0,94	1,00	0,99	1,00

Итоговые результаты расчетов относительных показателей эффективности развития российской экономики и экономики Липецкой области представлены в табл. 2 (колонки 3, 4, 5).

5. Формирование методики расчета интегральных коэффициентов развития реги-

она. На наш взгляд, интегральный коэффициент развития региона относительно базы (Российская Федерация)  $k_n = k_c \cdot k_o$  предусматривает расчет:

– коэффициента сравнительного развития региона по каждому фактору, который предполагает сравнение относительных

показателей (факторов) развития экономики Липецкой области ( $\Pi_{ЛО}$ ) и России ( $\Pi_{РФ}$ ) и рассчитывается как отношение этих показателей по базовым годам, а именно по 2000 и 2008 годам (колонка 2 и 3 в табл. 3):

$$K_C^{2000} = \frac{\Pi_{ЛО}^{2000}}{\Pi_{РФ}^{2000}}; K_C^{2008} = \frac{\Pi_{ЛО}^{2008}}{\Pi_{РФ}^{2008}}; \quad (2)$$

– коэффициента опережения (замедления) развития региона по каждому фактору, который предполагает сравнение темпов роста отдельных показателей (факторов) по Липецкой области ( $T_{ЛО}$ ) и России ( $T_{РФ}$ ) за расчетные периоды – 2000–2008 гг., 2008–2013 гг., 2000–2013 гг. (колонки 3, 4, 5 в табл. 3):

$$K_0^{2000-2008} = \frac{T_{ЛО}^{2000-2008}}{T_{РФ}^{2000-2008}}; K_0^{2008-2013} = \frac{T_{ЛО}^{2008-2013}}{T_{РФ}^{2008-2013}}; \\ K_0^{2000-2013} = \frac{T_{ЛО}^{2000-2013}}{T_{РФ}^{2000-2013}}. \quad (3)$$

В свою очередь, темпы роста показателей (факторов) определяются отношением

величины показателей (факторов) на последний год расчетного периода к уровню базисного года. Темпы роста показателей (факторов) составят:

– по Липецкой области

$$T_{ЛО}^{2000-2008} = \frac{\Pi_{ЛО}^{2008}}{\Pi_{ЛО}^{2000}}; T_{ЛО}^{2008-2013} = \frac{\Pi_{ЛО}^{2013}}{\Pi_{ЛО}^{2008}}; \\ T_{ЛО}^{2000-2013} = \frac{\Pi_{ЛО}^{2013}}{\Pi_{ЛО}^{2000}}; \quad (4)$$

– по Российской Федерации

$$T_{РФ}^{2000-2008} = \frac{\Pi_{РФ}^{2008}}{\Pi_{РФ}^{2000}}; T_{РФ}^{2008-2013} = \frac{\Pi_{РФ}^{2013}}{\Pi_{РФ}^{2008}}; \\ T_{РФ}^{2000-2013} = \frac{\Pi_{РФ}^{2013}}{\Pi_{РФ}^{2000}}. \quad (5)$$

В итоге, интегральный коэффициент развития региона – Липецкой области – составит

$$K_{и} = K_C \cdot K_0. \quad (6)$$

**Таблица 3**

Показатели эффективности развития экономики хозяйствующих субъектов (Российской Федерации и Липецкой области), отн. ед.

Показатели	Базовый коэффициент сравнения (табл. 2 – колонка 3 ЛО – 2000 г./РФ – 2000 г.)	Базовый коэффициент сравнения (табл. 2 – колонка 4 ЛО – 2008 г./РФ – 2008 г.)	Коэффициент опережения (замедления) в развитии			Интегральный коэффициент развития территории		
			Табл. 2 колонка 6 – ЛО/ колонка 6 – РФ	Табл. 2 колонка 7 – ЛО/ колонка 7 – РФ	Табл. 2 колонка 8 – ЛО/ колонка 8 – РФ	2008 к 2000	2013 к 2008	2013 к 2000
1	2	3	4	5	6	7 = 2·3	8 = 2·4	9 = 2·5
Производительность труда	0,94	0,95	1,00	0,58	0,58	0,94	0,55	0,55
Фондоотдача	0,81	1,07	1,31	0,67	0,89	1,06	0,72	0,72
Уровень инвестиций к объему ВРП	0,80	1,31	1,61	1,22	1,97	1,29	1,60	1,58
Экспорт к объему ВРП	1,56	1,55	0,99	1,14	1,11	1,54	1,76	1,73
Затраты на исследования и разработки в объеме ВРП	0,05	0,03	0,56	1,55	0,86	0,03	0,07	0,04
Среднемесячная номинальная зарплата	0,85	0,85	0,91	0,93	0,85	0,77	0,80	0,72
Степень экологической защиты	0,51	0,94	1,07	0,89	0,94	0,55	0,48	0,48

Таким образом, в табл. 2 и 3 представлены результаты расчетов:

– темпов роста факторов экономического развития за расчетные периоды 2000–2008 гг., 2008–2013 гг. и 2000–2013 гг. по Российской Федерации и Липецкой области (колонки 6, 7, 8 в табл. 2);

– среднегодовых темпов роста экономических показателей за вышеобозначенные периоды (колонки 9, 10, 11 в табл. 2);

– коэффициентов сравнения показателей развития экономик Липецкой области и Российской Федерации за базовый 2000 год (колонки 2 и 3 в табл. 3);

– коэффициентов опережения (замедления) развития Липецкой области относительно Российской Федерации на последний год расчетного периода (колонки 4, 5, 6 в табл. 3);

– интегральных коэффициентов развития Липецкой области относительно Российской Федерации на последний год расчетного периода (колонки 7, 8, 9 в табл. 3).

Логика расчетов интегральных коэффициентов по отдельным факторам позволяет сделать вывод: если уровень интегрального коэффициента больше единицы, то приоритет в экономическом развитии принадлежит региону (Липецкой области), если же интегральный коэффициент менее единицы, то динамика развития региона замедлена (негативна) по отношению к Российской Федерации в целом.

6. Определение рейтинга социально-экономического развития региона. В соответствии с формулой (1) рейтинг развития региона должен учитывать как факторные

значения интегрального коэффициента развития региона, так и значимость каждого фактора в их совокупности ( $d_i$ ). Сумма всех коэффициентов значимости должна быть равна единице, а ориентирами для формирования значимости каждого фактора могут быть данные международной организации «Европейский форум по развитию менеджмента» (колонка 5 табл. 4).

Итоговая рейтинговая оценка (интегральный коэффициент с учетом значимости факторов) конкурентоспособности региона – Липецкой области по расчетным периодам представлена в табл. 4.

Анализ данных табл. 4 позволяет сделать следующие выводы.

1. По факторам производительности труда, номинальной зарплаты и особенно по затратам на исследования и разработки (к объему ВРП) и выбросу в атмосферу загрязняющих веществ в атмосферу (на душу населения) Липецкая область уступает динамике развития Российской Федерации (интегральный коэффициент меньше единицы). Данный факт должен служить ориентиром для выработки стратегии формирования региональных конкурентных преимуществ по этим позициям.

2. По двум важнейшим факторам – доле инвестиций к объему ВРП и экспорту к объему ВРП – Липецкая область имеет конкурентные преимущества (интегральный коэффициент больше единицы) относительно Российской Федерации, и разработка стратегии развития региона должна быть направлена на сохранение этих преимуществ.

**Таблица 4**

Рейтинговая оценка конкурентоспособности Липецкой области

Показатели	Интегральный коэффициент развития территории			Значимость фактора	Интегральный коэффициент с учетом значимости (отн.ед.)		
	2000–2008	2008–2013	2000–2013		2000–2008	2008–2013	2000–2013
1	2	3	4	5	6 = 2·5	7 = 3·5	8 = 4·5
Производительность труда	0,94	0,55	0,55	0,25	0,24	0,14	0,14
Фондоотдача	1,06	0,54	0,72	0,10	0,11	0,07	0,07
Уровень инвестиций к объему ВРП	1,29	0,98	1,58	0,15	0,20	0,24	0,24
Экспорт к объему ВРП	1,54	1,78	1,73	0,15	0,23	0,26	0,26
Затраты на исследования и разработки в объеме ВРП	0,03	0,08	0,04	0,10	0,003	0,007	0,004
Среднемесячная номинальная зарплата	0,77	0,79	0,72	0,15	0,12	0,12	0,11
Степень экологической безопасности	0,55	0,45	0,48	0,10	0,05	0,05	0,05
Рейтинг (R)					0,95	0,89	0,87

Рейтинговая оценка Липецкой области (табл. 4) показывает, что в сравнении с развитием экономики Российской Федерации и за первый период 2000–2005 гг., и за второй период 2008–2013 гг., и в среднем за период 2000–2013 гг. экономика региона в известной мере отстает от уровня развития страны (интегральный коэффициент менее единицы). При этом влияние финансового кризиса мировой экономики в большей мере отразилось на рейтинге области: 2000–2008 гг. – рейтинг 0,95, 2008–2013 гг. – рейтинг 0,89 и как итог 2000–2013 гг. – рейтинг 0,87. Для преодоления этого отставания необходимо в первую очередь оптимизировать все возможные направления повышения уровня валового регионального продукта.

Безусловно, отдельные регионы России (Москва, Санкт-Петербург, Нижегородская область и др.) имеют более высокий рейтинг; другие (а их большинство) обладают меньшими конкурентными преимуществами, но в целом позиции Липецкой области представляются весьма обнадеживающими и перспективными.

Для более обоснованной оценки конкурентоспособности Липецкой области следует рассмотреть эффективность наиболее значимых инновационно-инвестиционных проектов и дать оценку их влияния на уровень и темпы экономического развития региона в среднесрочной (а по возможности и в долгосрочной) перспективе.

#### Список литературы

1. Аврашков Л.Я., Графова Г.Ф. Факторы управления экономическим развитием и конкурентоспособностью хозяйствующих субъектов // Среднерусский вестник общественных наук. – 2014. – № 1. – С. 196–202.

2. Аврашков Л.Я., Графова Г.Ф. К вопросу об оценке конкурентоспособности региона // Аудитор. – 2011. – № 11. – С. 28–33.

3. Графова Г.Ф., Графов А.В., Гуськов С.В. Методические основы оценки конкурентоспособности стран как субъектов мировой экономики // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. – 2013. – № 1. – С. 13–17.

4. Моисеев А.Д. Муниципальный менеджмент: учебное пособие. – В.: ИТОУР. 2008. – 179 с.

5. Проблемы и перспективы антикризисного управления развития регионов: монография; под ред. А.Д. Моисеева. – Липецк: Изд-во Мистраль-Л, 2011. – 151 с.

#### References

1. Avrashkov L. Ja., Grafova G. F. *Srednerusskij vestnik obshhestvennyh nauk – Srednerussky Gazette of Social Sciences*, 2014, no.1, pp. 196–202.

2. Avrashkov L.Ja., Grafova G.F. *Auditor – Auditor*; 2011, no.11, pp. 28–33.

3. Grafova G.F., Grafov A.V., Guskov S. V. *FJeS: Finansy. Jekonomika. Strategija. – Finances. Economy. Strategy*, 2013, no.1, pp. 13–17.

4. Moiseev A.D. *Municipalnyj menedzhment [Municipal management]*. V.: ITOUR, 2008, p. 179.

5. *Problemy i perspektivy antikrizisnogo upravlenija razvitija regionova [Problems and prospects of development of the regions of crisis management]*. Lipeck: Izd-vo Mistral-L, 2011, p. 151.

#### Рецензенты:

Аврашков Л.Я., д.э.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» Липецкий филиал, г. Липецк;

Самодурова М.Ф., д.э.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации» Липецкий филиал, г. Липецк.

УДК 338.242: 338.486.5

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ИНТЕГРАЦИИ БИЗНЕСА В САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ СФЕРЕ

Дробышевская Л.Н., Саломатина Е.В.

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет»,  
Краснодар, e-mail: ld@seatrade.ru, salomatina86@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию интеграционных процессов в санаторно-курортной сфере. На примере г. Горячий Ключ проанализированы возможности и препятствия для развития кластерной инициативы, в частности выявлены ошибки менеджмента предприятий санаторно-курортной сферы, которые снижают их доходность. Результаты проведенного интервью с представителями санаториев, банков, страховых компаний, сервисных предприятий и отдыхающих позволили разработать систему мероприятий (медицинское, хозяйственное, маркетинговое, координационное направления) по созданию кластера. Предложена технологическая карта подготовки стратегического мастер-плана для г. Горячий Ключ, учитывающая социально-экономические особенности и закладывающая новые подходы к развитию курорта. Стратегический мастер-план способствует формированию системного видения, каким должен быть г. Горячий Ключ в будущем; достижению в обществе консенсуса целей и вектора развития; детерминированию ресурсной базы и методов реализации целей. Разработка мастер-плана предполагает полиаспектный подход, предполагающий взаимосвязь стратегической, ценностной, коммуникативной, инструментальной рациональности.

**Ключевые слова:** интеграция, кластер, санаторно-курортная сфера, стратегический мастер-план

## BUSINESS INTEGRATION MANAGEMENT IN THE SANATORIUM AND RESORT SPHERE

Drobyshevskaya L.N., Salomatina E.V.

Federal Budgetary Educational Institution of Higher Education Kuban State University,  
Krasnodar, e-mail: ld@seatrade.ru, salomatina86@mail.ru

The aim of this work is to study the specifics of the management of business integration processes and local cluster initiatives in particular. The study is based on a new J. Kornai's systemic approach. Throughout the research the methods of logical and structural functional analysis were applied. Also, a semi-structured interview was conducted with the participation of 100 representatives of governments, related to the cluster enterprises, commercial banks, insurance companies, transportation companies, companies for the city's public services improvement; which allowed to identify the main barriers to the development of the local cluster initiative in the health-resort sector. During the research the system of measures was developed that consists of four sections: medical, commercial, marketing and coordination. The work highlights the advantages of developing a strategic master plan based on the relationship of strategic, value, communicative and instrumental rationality. Moreover, a road map for the creation of a master plan for the city of Gorachij Kluch was designed as a part of the study.

**Keywords:** integration, cluster, sanatorium-resort sphere, the strategic master plan

Устойчивое развитие бизнес-структур зависит от того, насколько они могут создать условия, которые способствуют привлечению новых субъектов и аккумуляции интеллектуальных, финансовых и организационных ресурсов. Интеграционные процессы, которые активно сегодня развиваются в санаторно-курортной сфере, в частности кластерные инициативы, должны базироваться на соблюдении экологического равновесия территории и биоразнообразия городской среды; целостности городского пространства; использовании гибких биологических систем при инженерной подготовке территории города; экономичности использования систем благоустройства. Названный подход позволяет не только модернизировать имеющиеся, но и развивать совершенно новые направления, способствующие повышению комфортности городской среды, ее экологичности.

Ключевая роль в процессе формирования кластера принадлежит компаниям. Российская практика управления предприятиями характеризуется использованием методик из разных моделей управления. На сегодняшний день нет «модели-образца», которая могла бы стать универсальной основой для формирования отечественной модели управления. Задача российских компаний заключается в изучении и адаптации зарубежных «историй успеха» методики и инструментария управления [1].

Совместно с территориальными властями представители бизнес-среды вырабатывают подходы к реализации кластерной инициативы, определяют межотраслевые «точки пересечения» и инкорпорирования в состав кластера хозяйствующих субъектов смежных отраслей. Повышение конкурентоспособности компаний – членов кластера обеспечивается совокупностью выгод,

к которым относятся: снижение издержек, повышение качества поставок, распределение ответственности и т.п.

**Целью данной работы** является исследование специфики управления интеграционными процессами бизнеса, в частности локальными кластерными инициативами.

#### **Материалы и методы исследования**

Объектом исследования служили предприятия санаторно-курортной сферы г. Горячий Ключ. Исследование базируется на неосистемном подходе, в процессе которого были применены методы логического, структурно-функционального анализа, а также статистический метод [3, 4]. Авторами было проведено полуструктурированное интервью, в котором участвовали 100 представителей органов власти, предприятий, относящихся к кластеру, коммерческих банков, страховых, транспортных компаний, предприятий по благоустройству города и т.п.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В ходе исследования было выявлено, что в деятельности менеджмента предприятий санаторно-курортной сферы существует ряд ошибок, которые снижают доходность данных предприятий:

- а) работа с несовместимыми целевыми аудиториями;
- б) отсутствие перечня (и соответственно гарантий) санаторно-курортных услуг в путевке;
- в) «размывание» целевой аудитории и снижение качества обслуживания посредством включения санаториями в прейскурант максимально возможного числа программ;
- г) сосредоточение на традиционных, однако низкоэффективных каналах рекламы и продаж;
- д) акцент на ценовом компоненте конкуренции;
- е) низкий уровень торгово-закупочной деятельности.

Для того чтобы получать выгоды от интеграционных процессов, предприятия должны осознавать себя частью кластера, а также видеть зависимость их успеха от успешности кластерного образования в целом. Кроме того, эффективное управление членами кластера предполагает четкое целеполагание и видение вектора развития, осуществление координации и регулирования деятельности всего кластера.

Анализируя результаты проведенного экспертного опроса в контексте оценки конкурентных позиций санаторно-курортного кластера г. Горячий Ключ, авторы отмечают:

- 1) наиболее значимым конкурентным преимуществом кластера является соотношение цена – уровень оказываемых услуг. Мнение пользователей услуг санаториев

может быть положено в основу политики продвижения территориального бренда;

2) слабым звеном санаториев г. Горячий Ключ выступает довольно низкий уровень развития трансферных услуг;

3) более низкий квалификационный уровень персонала при сравнении с санаториями черноморского побережья Краснодарского края;

4) высокая комфортабельность номерного фонда санаторно-курортных учреждений г. Горячий Ключ, поэтому целесообразно инвестирование проектов, направленных на дальнейшее улучшение комфортности отдыхающих. Поскольку значение комфортности увеличивается в зависимости от возраста, то целесообразно создание системы расселения клиентов, увеличивающей удобства для лиц старшего возраста (тихая сторона, нижние этажи, спокойные соседи, красивый вид из окна, близость к бювету и т.п.);

5) большая требовательность к досуговой инфраструктуре отдыхающих – жителей Краснодарского края по сравнению с отдыхающими – жителями центральных районов РФ, что инициирует необходимость развития этого направления.

Объединение санаториев в единое целое должно быть направлено на согласование интересов всех участников кластерной инициативы и предусматривать следующие направления.

Во-первых, медицинское направление, включающее:

- а) разработку стандартов по обслуживанию и уровню медицинского персонала, а также по минимальному и оптимальному набору лечебных процедур, которые входят в стоимость путевки;

б) организацию лечебно-диагностической деятельности с применением новых и инновационных лечебных и диагностических технологий, оптимизации использования природных ресурсов и курса лечебных процедур, формирования единой базы знаний о новых технологиях и методиках лечения;

в) внедрение общей системы оценки качества оказываемых услуг;

г) проведение контроля уровня удовлетворенности процедурой медицинской реабилитации;

д) создание общей электронной базы клиентских данных, применение интегрального оценочного показателя здоровья клиента;

е) организация розлива минеральной воды с целью использования ее в лечебно-профилактических целях, продажи в сетях аптек и магазинов;

ж) создание специальных структур восстановительной медицины с использованием минеральной воды г. Горячий Ключ.

Во-вторых, хозяйственное направление, предполагающее:

а) создание прозрачной системы закупок товаров и услуг. В некоторых санаториях, например в санатории «Русь», не существует системы мониторинга и определения поставщиков, что приводит к значительному росту цен, нередко возникает ситуация, когда цены на один вид товара у одного поставщика повышаются на 20% в течение всего месяца. Не проводится также и работа по минимизации рисков, поскольку в санаториях нет своих служб безопасности;

б) введение общей системы документооборота членов санаторно-курортного кластера, в том числе всех заключаемых договоров с контролем наличия сертификатов, договорных обязательств и лицензий;

в) внедрение стандартов качества на продукцию, закупаемую членами кластера;

г) осуществление контроля безопасности и качества закупаемой продукции;

д) создание результативной системы финансового менеджмента, введение бюджетирования, ориентированного на результат;

е) организацию общей охранной службы. Создание специализированной службы охраны и установка на всех основных объектах контроля систем видеоконтроля;

ж) создание общей диспетчерской службы по автотранспорту с использованием GPS мониторинга;

з) внедрение мониторинга ценообразования с учетом цены проживания, питания и оказания дополнительных услуг;

и) введение энергетического менеджмента, новых систем в энергетике, что позволит до 40% сократить текущие затраты.

В-третьих, маркетинговое направление, которое включает:

а) организацию call-центра;

б) создание общей маркетинговой службы санаториев с целью максимальной адаптации лечения в санаториях к рыночным требованиям;

в) повышение результативности деятельности санаториев;

г) инициация работы с туристическими, банковскими и страховыми компаниями;

д) оптимизация расходов на маркетинг участников санаторно-курортного кластера;

е) осуществление мониторинга ценообразования.

В-четвертых, координационное направление, которое предполагает:

а) внедрение в санаторных учреждениях управленческого учета, который обеспечит переход к учету затрат данных учреждений по определенным видам деятельности, службам и продуктам;

б) внедрение общей системы принятия решений;

в) координацию различных служб кластера.

В современных российских условиях контроль является одной из наиболее важных функций управления. По мнению авторов, контролирующую функцию целесообразно возложить на координационный совет санаторно-курортного кластера. Для действенного исполнения контролирующей функции следует детерминировать основные контролируемые показатели всех служб и членов кластера. Далее по каждому из основополагающих направлений развития санаторно-курортного кластера целесообразно выделить внутренние элементы: нормативно-правовой, методический, институционально-организационный, технологический, разработать правила и процедуры выполнения социальных и экономических функций.

Таким образом, управление реализацией кластерной инициативы в г. Горячий Ключ должно основываться на целостной социальной и экономической политике, причем политике нового качества, которая обеспечивает гармонизацию и баланс интересов всех членов интегрированного образования и способствует поступательному развитию территориальной экономической системы [2].

В последнее время получает все большее распространение проект планировки территорий – «стратегический мастер-план». В РФ первый такой план был создан для г. Перми компанией «КСАР Architects & Planners». С учетом успешных зарубежных практик и российского опыта авторами предлагается разработать стратегический мастер-план для г. Горячий Ключ, который не только учитывает социально-экономические особенности, но и закладывает принципы развития курорта. Данный план призван, во-первых, формировать системное видение того, каким должен быть г. Горячий Ключ в будущем; во-вторых – формировать общественный консенсус целей и направлений развития; в-третьих – определить ресурсную базу и инструментарий реализации целей; в-четвертых – способствовать подготовке документов оперативного планирования.

Мастер-план – это продукт стратегического планирования территории, который является системным процессом, инициируемым и организуемым органами власти с активным вовлечением различных социальных групп. Основными характеристиками стратегического мастер-плана являются:

1) целеполагание и фокус на не менее четырех и не более шести приоритетах;

2) базирование на принципах и ценностях, которые складываются в общее видение, а также на анализе социально-экономического, научно-технологического и др. компонентов, которые позволяют выявить не только потенциал развития, но также и его угрозы;

3) учет социальной, экологической, экономической, политической и др. сфер жизнедеятельности города;

4) организация активного диалога со стейкхолдерами;

5) долгосрочность (более 15 лет);

6) индикативность;

7) нацеленность на оптимизацию ресурсов и на привлечение новых их видов;

8) включает механизмы оценки результатов (мониторинг, периодическую актуализацию) и ключевые показатели эффективности).

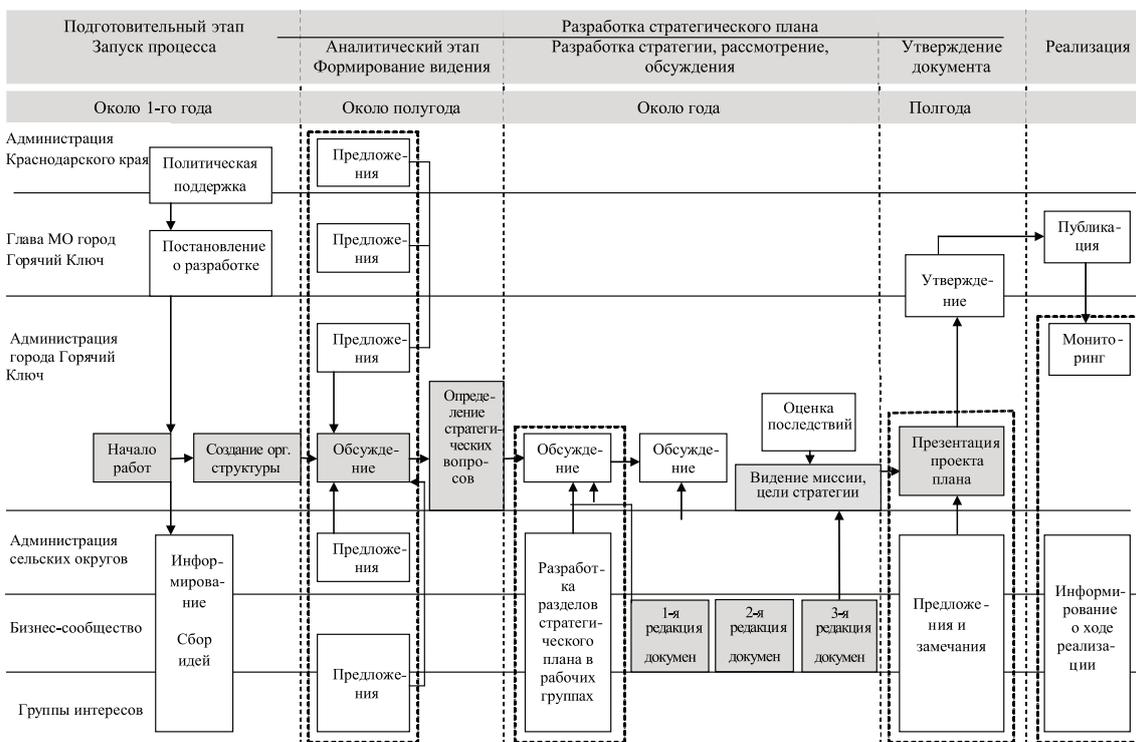
Авторы придерживаются точки зрения Л. Альбрехтса и А. Бальдуччи, согласно которым мастер-план рассматривается как набор понятий, механизмов и инструментов, который должен тщательно подбираться для каждого конкретного случая в зависимости от поставленных целей [5, 6].

В управленческой сфере стратегический мастер-план может быть: координационным инструментом и тем самым способствовать согласованным действиям территориальных органов власти в долгосрочном периоде, которые направлены на

решение целей и задач развития города; прогнозирующим инструментом и способствовать повышению эффективности использования ресурсов; инструментом согласия, т.е. быть платформой для общественного консенсуса; маркетинговым инструментом, привлекающим в город курорт все большее количество внешних ресурсов; политическим инструментом, способствующим росту четкости проводимой политики, ее результативности. В сумме названные инструменты позволяют разработать стратегический мастер-план максимально эффективным как в управленческом контексте, так и в коммуникативном.

Итерации подготовки стратегического плана для г. Горячий Ключ, его дорожная карта схематично изображены на рисунке.

Дорожная карта основывается на полиаспектном подходе, предполагающем взаимосвязь и взаимодействие ценностной рациональности (нацеленность на разработку альтернативных вариантов будущего территории), коммуникативной рациональности (акцент на вовлечение в деятельность как частных, так и государственных игроков), инструментальной рациональности (поиск наиболее эффективного инструментария решения проблем и достижения *ex ante* будущего) и стратегической рациональности (наличие четко сформулированной стратегии) [7].



Итерации подготовки стратегического плана г. Горячий Ключ

### Выводы

Процесс формирования санаторно-курортного кластера в г. Горячий Ключ должен быть целеориентирован на рост прозрачности деятельности всех его хозяйствующих субъектов; увеличение объема оказанных услуг; рост налогов в федеральный, региональный и местный бюджеты; повышение уровня доходности предприятий; активное использование новых и инновационных технологий; поступательный рост числа новых рабочих мест; открытие производств новых видов товаров (работ, услуг); повышение капитализации публичных компаний – участников кластерной инициативы.

### Список литературы

1. Дробышевская Л.Н., Саломатина, Е.В. Модели корпоративного управления: мировой опыт и российская практика // Теория и практика общественного развития. – 2011. – № 5. – С. 267–272.
2. Зарецкий А.Д. Корпоративная социальная ответственность: от благотворительности к имиджу // Экономика: теория и практика. Международный научный журнал, – 2011. – № 1(21). – С.13.
3. Клейнер Г.Б. Развитие теории экономических систем и ее применение в корпоративном и стратегическом управлении. – М.: ЦЭМИ РАН, 2010. – 52 с.
4. Корнаи Я. Инновации и динамизм: взаимосвязь систем и технического прогресса // Вопросы экономики. – 2012. – № 4. – С. 4–11.
5. Albrechts L. Reframing Strategic Spatial Planning by Using a Coproduction Perspective // Planning Theory. – 2013. – Vol. 12. – № 1. – P. 46–63.
6. Albrechts L., Balducci A. Practicing Strategic Planning: In Search of Critical Features to Explain the Strategic Character of Plans // The Planning Review. – 2013. – Vol. 49. – P. 16–27.
7. [http://mosurbanforum.ru/forum2014/analitika/analiticheskij\\_obzor\\_prostranstvennaya\\_strategiya\\_moskvy\\_](http://mosurbanforum.ru/forum2014/analitika/analiticheskij_obzor_prostranstvennaya_strategiya_moskvy_)

instrument\_upravleniya\_buduwm/ (дата обращения 28.04.2015).

### References

1. Drobyshevskaya L.N., Salomatina E.V. Modeli korporativnogo upravleniya: mirovoy opyt i rossiyskaya praktika // Teoriya i praktika obschestvennogo rasvitiya. 2011, no. 5, pp. 267–272.
2. Zaretskiy A.D. Korporativnaya sotsialnaya otvetstvennost: ot blagotvoritelnosti k imidzhy // Ekonomika: teoriya i praktika. Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. 2011, no. 1 (21), pp. 9–14.
3. Kleyner G.B. Razvitie teorii ekonomicheskikh sistem i ee primeneniye v korporativnom i strategicheskom upravlenii [The development of the theory of economic systems and application in corporate and strategic management]. Moscow, TSEMI RAN., 2010. 52 p.
4. Kornai Ya. Innovatsii i dinamizm: vzaimosvyaz sistem i tekhnicheskogo progressa // Voprosy ekonomiki. 2012, no. 4, pp. 4 – 11.
5. Albrechts L. Reframing Strategic Spatial Planning by Using a Coproduction Perspective // Planning Theory. 2013, Vol. 12, no. 1, pp. 46–63.
6. Albrechts L., Balducci A. Practicing Strategic Planning: In Search of Critical Features to Explain the Strategic Character of Plans // The Planning Review. 2013, Vol. 49, pp. 16–27.
7. Mosurban Forum (2014), Available at: [http://mosurbanforum.ru/forum2014/analitika/analiticheskij\\_obzor\\_prostranstvennaya\\_strategiya\\_moskvy\\_instrument\\_upravleniya\\_buduwm/](http://mosurbanforum.ru/forum2014/analitika/analiticheskij_obzor_prostranstvennaya_strategiya_moskvy_instrument_upravleniya_buduwm/) (accessed 28 April 2014).

### Рецензенты:

Вукович Г.Г., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой экономики предприятия, регионального и кадрового менеджмента, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар;

Зарецкий А.Д., д.э.н., профессор кафедры мировой экономики и менеджмента, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар.

УДК 658.3.014.1+331.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАБОРА ПЕРСОНАЛА  
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩИХ  
ВЫСОКОПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНЖИНИРИНГОВЫЕ УСЛУГИ**

**Завадский Д.Ю.**

*Научно-исследовательский институт труда и социального страхования Министерства труда  
Российской Федерации, Москва, e-mail: avtor@disper.ru*

На протяжении последних десятилетий сфера услуг является одной из наиболее динамично развивающихся сфер мировой экономики. Динамичный прорыв услуг на мировые рынки является одним из важнейших и значимых явлений в современной экономике, где наблюдается постоянный рост доли услуг в ВВП промышленно развитых и развивающихся стран. Стремительный рост международных операций по торговле инженерно-консультационными услугами выделил их в самостоятельный вид международной торговли, что и привело к образованию мирового рынка инжиниринговых услуг. Инжиниринговые услуги могут включать в себя обследование производства, выработку рекомендаций по оптимальному решению технологических задач с использованием преобразователей частоты, подготовку технико-экономических обоснований, разработку проектов в соответствии с утвержденным техническим заданием, монтаж оборудования, пуско-наладочные работы.

**Ключевые слова:** труд, персонал, структура, предприятие, инженер, услуги

**STUDY OF RECRUITMENT OF AN ENTERPRISE PROVIDES HIGHLY  
ENGINEERING SERVICES**

**Zavadskiy D.Y.**

*Research Institute of the Ministry of Labour of the Russian Federation, Moscow, e-mail: avtor@disper.ru*

In recent decades, the service sector is one of the most dynamic areas of the global economy. A dynamic breakthrough services to the world markets is one of the most important and significant events in the modern economy, where there is a steady increase in the share of services in GDP of industrialized and developing countries. The rapid growth of international trade operations engineering consulting services identified in an independent kind of international trade, which led to the formation of the world market of engineering services. Engineering services may include examination of production, development of recommendations for the optimal solution of technological problems with the use of frequency converters, preparation of feasibility studies, project development in accordance with the approved terms of reference, installation, commissioning.

**Keywords:** labor, personnel, structure, company, engineer, services

Очень часто высокотехнологичные компании опираются на ученых, задействуя их в производственной деятельности, приглашая их для различных нужд, от непосред-

ственной работы, до внедрения проектов или руководства проектами [3]. При этом развитие науки можно проиллюстрировать следующими данными.

**Таблица 1**

Место России в развитии НИОКР (в%) [2]

Показатели	Россия	Страны-аналоги	Страны-лидеры
Доля в мировой численности научных сотрудников	5,0	Япония	США – 17 Китай – 11,5
Доля в мировом числе патентных заявок	2,8	Канада	США – 29 Япония – 22 Китай – 20
Доля в мировом числе научных публикаций	1,8	Индия Тайвань	США – 21 Китай – 15
Доля в мировых затратах на НИОКР	1,6	Индия Канада	США – 34 Япония – 12 Китай – 12,3
Доля затрат на НИОКР в ВВП	1,24	Эстония Новая Зеландия	Израиль – 4,6 Финляндия – 4,0
Доля в мировом числе цитирований	0,9	Австрия Финляндия	США – 31 Китай – 8,5

Как вытекает из данных табл. 1, место России в мире относительно высоко только по одному показателю – числу научных сотрудников. Кадровый состав науки определяется, прежде всего, численностью персонала, занятого исследованиями и разработками. В 2014 году численность такого персонала в России составила 736 тыс. человек, а вместе с совместителями и лицами, работающими по договорам, – 846 тыс. Важно отметить и то, что 50% этого персонала составляют исследователи, т.е. работники, профессионально занимающиеся исследованиями и разработками и непосредственно осуществляющие создание новых знаний, продуктов, методов и систем. Использование инновационных технологий в деятельности предприятий, оказывающих инженеринговые услуги, обуславливает требования к принимаемому на работу персоналу, соответственно, определяет используемые при наборе персонала методы. Рассмотрим чем отличаются зарубежные методы набора персонала в высокотехнологичные инженеринговые компании от российских.

Согласно представленным данным, можно сделать вывод о том, что методы набора персонала в инновационные компании

за рубежом отличаются от традиционных, в отличие от российских компаний. Так как инженеринговые компании предоставляют высокотехнологичные услуги транснациональным компаниям, к ним предъявляются повышенные требования в области качества оказываемых услуг, при этом важную роль играет то, насколько сотрудники справляются со своими обязанностями, что влияет на их производительность, насколько они готовы к восприятию новой, незнакомой информации, а также как они справляются со стрессовыми ситуациями и временными цейтнотами, что выдвигает на первый план значимость личностных качеств подбираемых сотрудников, то есть использование акмеологического подхода в системе набора персонала. Как показало исследование особенностей деятельности высокотехнологичных инженеринговых компаний, наиболее важным фактором, определяющим эффективность их деятельности, является персонал компании. При этом эффективность использования трудовых ресурсов во многом определяется тем, какой персонал принимается на работу, что определяет важность исследования системы набора персонала.

Таблица 2

Сравнительный анализ методов набора персонала в российских и зарубежных инженеринговых компаниях

Параметры	Российские инженеринговые компании	Зарубежные инженеринговые компании
Материальное стимулирование	«белая» зарплата, соц. пакет, соц. льготы, премии	«белая» зарплата, соц. пакет, соц. льготы, премии
Компенсационный пакет	Оплата посещения фитнес-центра, компенсация использования автомобиля, корпоративная сотовая связь, медицинская страховка	Оплата посещения фитнес-центра, компенсация использования автомобиля, корпоративная сотовая связь, медицинская страховка
Подбор персонала	Наем специалистов из университетов, институтов и колледжей. Отбор претендентов, непосредственно обращающихся в компанию за работой. Наем кадров с помощью рекламных объявлений в СМИ; обращение к помощи рекрутинговых агентств; интернет-ресурсы. Внутренние ресурсы. Прием сотрудников по знакомству или рекомендации. Субъективный подход к подбору персонала со стороны руководителя	Наем специалистов из университетов, институтов и колледжей. Отбор претендентов, непосредственно обращающихся в компанию за работой. Наем кадров с помощью рекламных объявлений в СМИ; обращение к помощи рекрутинговых агентств; интернет-ресурсы, e-recruitment, Executive Search
Методы оценки	Оценка профессиональных качеств Изучение прошлого опыта работы и рекомендаций	Оценка профессиональных качеств Оценка личностных качеств кандидата Оценка потенциала сотрудника Применение для оценки метода «360°» и «Ассесмент-центр»
Возможность роста	Выстраивание карьеры носит спонтанный характер, часто зависящий от личности руководителя	Формализованная и прозрачная возможность карьерного роста

В рамках настоящего исследования был проведен анализ системы набора персонала трех высокотехнологичных компаний – ОАО «Оргэнергогаз», ОАО «Гипрогазцентр» и ЗАО «Газприборавтоматикасервис». ОАО «Оргэнергогаз» – современная конкурентоспособная высокотехнологичная компания в системе предприятий ОАО «Газпром», вошедшая в 2008 году в состав крупнейшего отраслевого холдинга ООО «Газпром центрремонт». Открытое акционерное общество «Гипрогазцентр» образовано 18 ноября 1968 года как отдел комплексного проектирования (ОКП) предприятия «Южгипротрубопровод» в г. Горьком. В 1994 году ОКП реорганизован в Государственный институт по проектированию объектов трубопроводного транспорта газа в центральных районах СССР – «Гипрогазцентр», а затем в дочернее акционерное общество открытого типа «Гипрогазцентр» РАО «Газпром» [4]. ЗАО «Газприборавтоматикасервис» – динамично развивающаяся компания с собственной научной, производственной, экспериментальной и приборостроительной базой, специализирующаяся в области неразрушающего контроля [12]. В табл. 3

представлена среднесписочная численность компаний.

Анализируя таблицу, можно отметить, что в компании ОАО «Гипрогазцентр» численность сотрудников наименьшая, при этом наблюдается рост численности как в 2013, так и в 2014 году вследствие развития предприятия, роста оказания услуг, увеличения числа партнеров. В ЗАО «Газприборавтоматикасервис» набором персонала занимается специалист по подбору персонала, кроме того, часть обязанностей относится к специалисту по планированию персонала. Таким образом, набором кадров в ЗАО «Газприборавтоматикасервис» занимаются два человека. Можно отметить, что для численности данного предприятия и количества ежегодно нанимаемых сотрудников двух сотрудников мало, вследствие чего не систематизирована работа по подбору кадров, мероприятия носят разрозненный характер, возможности набора персонала используются недостаточно активно [2].

В целом реализация стратегии набора персонала в ЗАО «Газприборавтоматикасервис» выглядит следующим образом (рис. 2).

Таблица 3

Среднесписочная численность компаний

Компания	Численность персонала			Абсолютное отклонение	
	2012	2013	2014	2013/2012	2014/2013
ОАО «Оргэнергогаз»	2 322	2 344	2 314	+22	-30
ОАО «Гипрогазцентр»	1 810	1 815	1 835	+5	+20
ЗАО «Газприборавтоматикасервис»	1 940	1 931	1 912	-9	-19



Рис. 1. Удельный вес каждого источника в общем числе источников набора персонала ОАО «Оргэнергогаз»



Рис. 2. Организационная структура отдела кадров и социального развития ЗАО «Газприборавтоматикасервис»

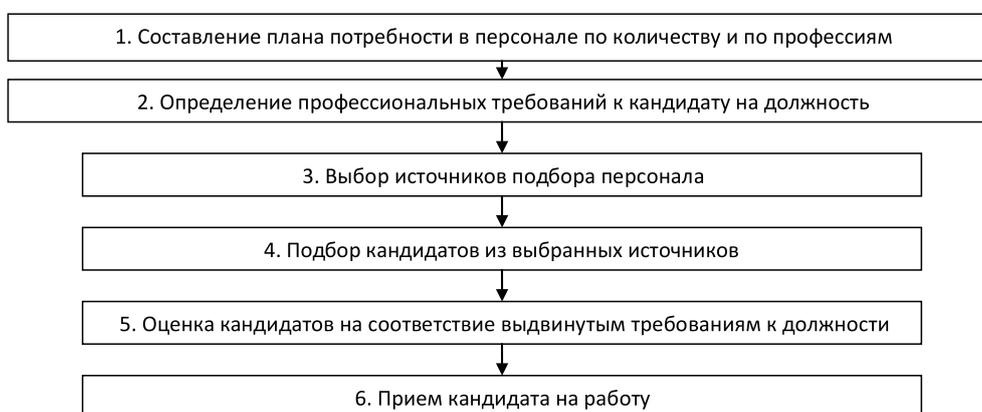


Рис. 3. Этапы реализации стратегии набора персонала в ЗАО «Газприборавтоматикасервис»

На рис. 4 представлен удельный вес каждого источника в общем числе источников. Отметим, наиболее активно сотрудники нанимаются через рекрутинговые агентства, а также путем приглашения на работу специалистов из других компаний. В качестве методов оценки используют анкетирование, оценку на соответствие профилю должности, собеседование с непосредственным руководителем, учет опыта работы и стажа. Среди недостатков методов отметим отсутствие оценки персонала, например методами 360° или ассессмент-центр. Найм персонала в компаниях предусматривает не только подбор кадров, но и их оценку на соответствие вакантной должности, так как к должностям в высокотехнологичных компаниях предъявляются, как правило, очень высокие требования. Таким образом, из выявленных недостатков следует, что наиболее перспективным для компаний является внедрение акмеологического подхода к оценке персонала.

Далее рассмотрим сходства и отличия систем найма персонала в компаниях (табл. 5).

Исходя из проведенного анализа, был сделан вывод о том, что система набора персонала в каждой компании имеет сходства и отличия по сравнению с остальными. Общим в системе набора персонала для всех компаний является использование традиционных форм найма, таких как услуги рекрутинговых компаний, сайты о поиске работы, размещение вакансий на собственном сайте. Помимо этого, все компании занимаются оценкой персонала при рассмотрении кандидатов, так как к должностям в данных компаниях предъявляются достаточно высокие требования в аспекте профессионализма сотрудника. Среди отличий системы набора персонала были названы стиль кадровой политики, открытый или закрытый, кроме того, компании имеют разную направленность политики найма, например ОАО «Оргэнергогаз» наилучшим для себя вариантом считает привлечение молодых ученых и перспективных студентов.

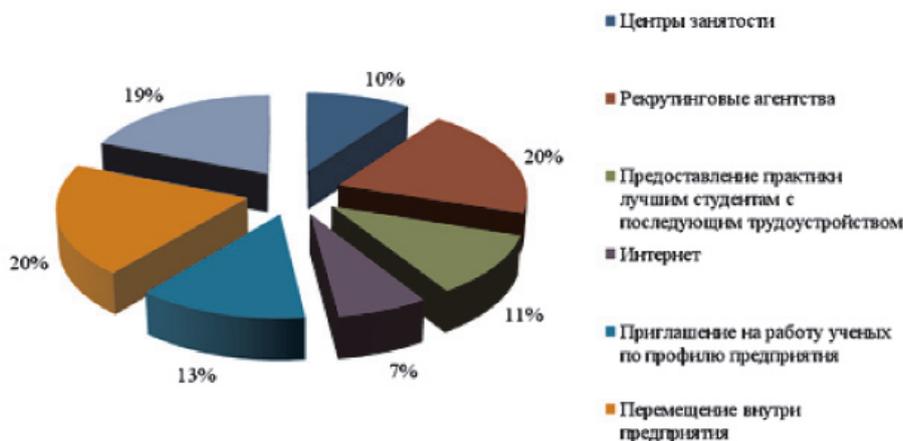


Рис. 4. Удельный вес каждого источника в общем числе источников набора персонала ЗАО «Газприборавтоматикасервис»

Таблица 4  
Сравнительный анализ достоинств и недостатков системы найма персонала

	Достоинства	Недостатки
ОАО «Оргэнергогаз»	при найме достаточно подробно исследуются профессиональные качества кандидата, исследуется опыт на предыдущих местах работы	низкая степень технологичности, в работе не проводится диагностика личностных качеств, а также в компании не разработаны и не применяются критерии исследования личностных качеств на соответствие должности
ОАО «Гипрогазцентр»	при найме достаточно подробно исследуется предыдущий опыт кандидата, его предыдущие достижения. С помощью тестирования определяется стрессоустойчивость. Активное использование внутренних ресурсов	отсутствие системности в наборе персонала, все действия носят разрозненный характер, личностные качества исследуются, но не в полной мере, определяются некоторые личностные характеристики, но они не связываются с требованиями к должности, в компании не применяется акмеологический подход, влияет личностный фактор при замещении должности посредством внутренних ресурсов
ЗАО «Газприборавтоматикасервис»	Используются методы привлечения сотрудников из других компаний	отсутствие оценки персонала, например, методами 360° или ассесмент-центр, применяются устаревшие формы оценки кандидатов

Таблица 5  
Сходства и отличия систем найма персонала в компаниях

Сходства	Отличия
Использование традиционных схем набора персонала. Наймом занимается специализированное подразделение. В систему найма входит как отбор персонала, так и его оценка	В компании ОАО «Оргэнергогаз» при найме персонала идет ориентация на студентов, развита система практики с последующим трудоустройством. Кадровая политика ОАО «Гипрогазцентр» является более закрытой, по сравнению с остальными компаниями, в данной компании предпочитают воспитывать кадры внутри предприятия, привлекать их со стороны ЗАО «Газприборавтоматикасервис» ведет более агрессивную политику, чем остальные анализируемые компании, она активно переманивает специалистов из других организаций и учреждений

Для определения направлений совершенствования системы набора в компаниях необходимо выявить ее слабые места, которые можно определить, оценив эффективность системы набора персонал. В рамках настоящего исследования была проведена

оценка эффективности системы набора персонала в высокотехнологичных компаниях ОАО «Оргэнергогаз», ОАО «Гипрогазцентр» и ЗАО «Газприборавтоматикасервис». Оценка эффективности набора персонала выражается через несколько показателей.



Рис. 5. Показатели эффективности набора персонала

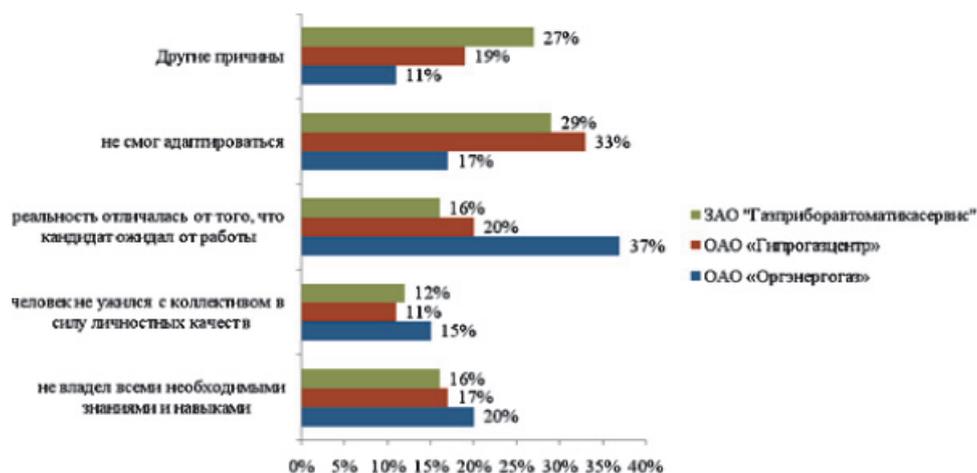


Рис. 6. Оценка сотрудниками компании причин ухода сотрудников

Текучесть кадров – это огромная проблема для высокотехнологичных компаний, так как для подобного рода компаний трудовые ресурсы являются основным капиталом, на который опирается компания. Поэтому главным в системе управления персоналом высокотехнологичных компаний является не только мотивация и удержание персонала, но и правильная система набора персонала. Далее определим, как сами работники определяют причины ухода сотрудников.

Отметим, что в ЗАО «Газприборавтоматикасервис» основной причиной ухода новичков является проблема с адаптацией, в ОАО «Оргэнергогаз» новички сталкиваются с тем, что реальность работы на предприятии отличается от того, что они ожидали, таким образом, они оказались разочарованы в работе и приняли решение ее сменить.

Причина заключается в том, что нет карт компетенций, не применяется акмеологический подход, не используются современные методы оценки кандидатов на должность.

Таким образом, можно сделать вывод, что предприятия нуждаются в повышении эффективности системы набора персонала, во внедрении акмеологического подхода.

#### Список литературы

1. Герасимов Е.С. Критерии отбора, подбора и найма персонала: отечественный и зарубежный опыт решения вопроса // Вестник Университета Российской академии образования. – 2011. – № 2. – С. 184–187.
2. Демина Н.В. Принципы, критерии и подходы к отбору персонала как специальной функции кадрового менеджмента // Современные гуманитарные исследования. – 2011. – № 1. – С. 43–49.
3. Кукина С.Д., Паршукова О.В., Воспельникова Я.Г. Методы оценки кандидатов при приеме на работу и их надежность // Наука – промышленности и сервису. – 2011. – № 6–2. – С. 25–31.
4. Латыпова М.М. Поиск и отбор персонала в организацию на современном этапе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2010. – № 11. – С. 125–128.
5. Лядская А.В. Опыт применения системы Адизеса в выстраивании HR-процессов компании // Управление человеческим потенциалом. – 2013. – № 2. – С. 124–137.
6. Петрушикина Е.Б. Психологические аспекты принятия кадровых решений руководителям // Современная

социальная психология: теоретические подходы и прикладные исследования. – 2013. – № 1. – С. 39–46.

7. Сидоркина С.В. Ассесмент-центр как инструмент повышения эффективности бизнеса // Управление человеческим потенциалом. – 2011. – № 1. – С. 66–70.

8. Степанова М.В. Ассесмент-центр как одна из технологий оценки персонала // Ученые записки Российского государственного социального университета. – 2012. – № 8 (108). – С. 124–130.

9. Assessment Centers in Human Resource Management: Strategies for Prediction, Diagnosis, and Development (Applied Psychology) by George C. Thornton (Dec 12, 2011).

10. Assessment Methods in Recruitment, Selection & Performance: A Manager's Guide to Psychometric Testing, Interviews and Assessment Centres by Robert Edenborough (Aug 28, 2010).

11. How to Hire A-players: Finding the Top People for Your Team – Even If You Don't Have a Recruiting Department by Eric Herrenkohl (28 Apr 2010).

12. Leading Series: Recruiting, Selecting & Inducting New Staff in the Workplace Workbook 2011 by BPP Learning Media Ltd (1 Sep 2011).

13. Recruiting, Interviewing, Selecting & Orienting New Employees (Recruiting, Interviewing, Selecting and Orienting New Employees) by Diane Arthur (Jun 27, 2012).

### References

1. Gerasimov E.S. Kriterii otbora, podbora i najma personala: otechestvennyj i zarubezhnyj opyt reshenija voprosa. Vestnik Universiteta Rossijskoj akademii obrazovanija. 2011. no. 2. pp. 184–187.

2. Demina N.V. Principy, kriterii i podhody k otboru personala kak specialnoj funkcii kadrovogo menedzhmenta. Sovremennye gumanitarnye issledovanija. 2011. no. 1. pp. 43–49.

3. Kukina S.D., Parshukova O.V., Vospelnikova Ja.G. Metody ocenki kandidatov pri prieme na rabotu i ih nadezhnost. Nauka – promyshlennosti i servisu. 2011. no. 6–2. pp. 25–31.

4. Latypova M.M. Poisk i otbor personala v organizaciju na sovremenom jetape. Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten (nauchno-tehnicheskij zhurnal) = Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2010. no. 11. pp. 125–128.

5. Ljadsckaja A.V. Opyt primenenija sistemy Adizesa v vystraivanii HR-processov kompanii. Upravlenie chelovecheskim potencialom. 2013. no. 2. pp. 124–137.

6. Petrushihina E.B. Psihologicheskie aspekty prinjatija kadrovyh reshenij rukovoditeljam. Sovremennaja socialnaja psihologija: teoreticheskie podhody i prikladnye issledovanija. 2013. no. 1. pp. 39–46.

7. Sidorkina S.V. Assesment-centr kak instrument povshenija jeffektivnosti biznesa. Upravlenie chelovecheskim potencialom. 2011. no. 1. pp. 66–70.

8. Stepanova M.V. Assesment-centr kak odna iz tehnologij ocenki personala. Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo socialnogo universiteta. 2012. no. 8 (108). . 124–130.

9. Assessment Centers in Human Resource Management: Strategies for Prediction, Diagnosis, and Development (Applied Psychology) by George C. Thornton (Dec 12, 2011).

10. Assessment Methods in Recruitment, Selection & Performance: A Managers Guide to Psychometric Testing, Interviews and Assessment Centres by Robert Edenborough (Aug 28, 2010).

11. How to Hire A-players: Finding the Top People for Your Team – Even If You Dont Have a Recruiting Department by Eric Herrenkohl (28 Apr 2010).

12. Leading Series: Recruiting, Selecting & Inducting New Staff in the Workplace Workbook 2011 by BPP Learning Media Ltd (1 Sep 2011).

13. Recruiting, Interviewing, Selecting & Orienting New Employees (Recruiting, Interviewing, Selecting and Orienting New Employees) by Diane Arthur (Jun 27, 2012).

### Рецензенты:

Бовин В.С., д.э.н., профессор, ведущий научный сотрудник South IT-Uni, ИВС, г. Москва;

Тосуванов Д.В., д.э.н., профессор, ведущий научный сотрудник сектора инновационных разработок, АНОО ДПФО «Национальный центр прикладных исследований», г. Саратов.

УДК 656.2.071.2

## ПОДГОТОВКА И ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОЧИХ МАССОВЫХ ПРОФЕССИЙ В ДОРОЖНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ШКОЛАХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УРАЛА В 1950–1980-Е ГГ.

**Конов А.А.**

*ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения»,  
Екатеринбург, e-mail: alek.konov2012@yandex.ru*

В 1956 г. Совет Министров СССР утвердил «Генеральный план электрификации железных дорог». Потребовалась массовая переподготовка рабочих по специальностям, связанным с эксплуатацией электрифицированных железных дорог. Основным источником пополнения электрифицированных железных дорог квалифицированными рабочими стали дорожно-технические школы и производственно-технические курсы при них. Эти учебные заведения имели солидную материально-техническую базу для обучения, квалифицированный постоянный преподавательский состав и были в большей степени приближены к нуждам производства, чем другие учебные заведения. Рост численности обучаемых рабочих совпал по времени с электрификацией важнейших железнодорожных направлений Урала и обновлением подвижного состава. Электрификация железных дорог Урала, введение тепловозной тяги внесли глубокие изменения в теоретическое обучение рабочих кадров – появились новые дисциплины: электроника, электротехника, устройство тепловоза и электровоза, устройство цельнометаллического пассажирского вагона. Подготовка рабочих кадров по новым специальностям в дорожно-технических школах обеспечила успех модернизации железнодорожного транспорта Урала в 1950–1980-е гг.

**Ключевые слова:** тепловоз, электровоз, паровоз, дорожно-техническая школа, машинист локомотива, дежурный по станции, проводник пассажирского вагона, электрификация

## THE TRAINING AND IMPROVEMENT OF PROFESSIONAL SKILL OF THE RAILWAY WORKERS IN THE TECHNICAL SCHOOLS OF RAILWAY TRANSPORT IN THE URALS IN 1950–1980

**Konov A.A.**

*Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, e-mail: alek.konov2012@yandex.ru*

The main aim of the article is investigation the process of training railway workers in the technical schools on railway transport of the Urals in the period of its intensive modernization. In 1956 the Council of Ministers of the USSR adopted “The Railway Transport Electrification Master Plan”. The realization of this Plan demanded the training all the workers occupied with exploitation the new locomotives and electrified lines. The railway technical schools became the main base of training the highly qualified workers for the Ural railways. The rapid growth in number of workers training in technical schools coincided with intensive electrification of railway lines and introducing new powerful locomotives. Electrification of railways, introducing the diesel locomotives led to the deep changes in theoretical course of training: the new subjects such as electrical engineering, electronics, construction of electric and diesel locomotives, construction of metallic passenger coach became the most important disciplines in every school. The practice training of workers was divided into two principal periods: the first period of practice had been carried out in the workshops of technical schools; the second – on the railway stations, locomotive depots and railway tracks under the direction of experienced workers and engineers. The railway technical schools gave the transport the necessary number of qualified, skilled workers who ensured the successful modernization of transport and its stability in latest periods.

**Keywords:** diesel locomotive, electric locomotive, steam locomotive, railway technical school, engine driver, station foreman, conductor, electrification

Подготовка и повышение квалификации кадров массовых профессий являются решающим фактором в обеспечении безопасности перевозок пассажиров и народнохозяйственных грузов. Умение осваивать в короткие сроки и эффективно применять на производстве инновационные достижения модернизации транспорта, творчески решать самые сложные профессиональные задачи, быстро и эффективно повышать свой профессиональный уровень, открытость всему новому становятся основными качествами молодого работника на транспорте. Между тем возникающие сегодня проблемы

в развитии кадрового потенциала транспорта заставляют все чаще обращаться к историческому опыту советского государства по подготовке и повышению квалификации рабочих массовых профессий. Необходимость обращения к этому опыту продиктована следующими обстоятельствами.

Во-первых, на железнодорожном транспорте СССР в 1950–1980-е гг. была создана достаточно эффективная система массовой подготовки и переподготовки кадров для всех отраслевых хозяйств транспорта, способная обеспечить за короткие сроки опытными кадрами все производственные

участки транспорта, а также реализацию перспективных инновационных программ его развития. Во-вторых, созданный за многие десятилетия кадровый потенциал транспорта не только обеспечил успех его модернизации, но и обусловил устойчивое развитие транспорта в XXI веке.

С принятием постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О Генеральном плане электрификации железных дорог» 3 февраля 1956 года потребовалась массовая подготовка и переподготовка локомотивных бригад, слесарей по ремонту тепловозов, дизельпоездов и электроподвижного состава, а также работников энергоснабжения и энергетического хозяйства [6, с. 18]. Одновременно интенсивная электрификация железных дорог потребовала коренной технической реконструкции путевого хозяйства. Усиление мощности верхнего строения пути, введение механизмов и машин на текущем содержании пути повысили требования к технической подготовке кадров путевой службы. Кроме того, увеличение темпов строительства новых железнодорожных линий и рост объема работы на действующей железнодорожной сети сопровождались увеличением численности рабочих.

Подготовка кадров железнодорожников и повышение их квалификации в рассматриваемый период осуществлялись в соответствии с задачами и переменами, которые происходили в технике и технологических процессах. Они велись по двум направлениям: непосредственно на производстве и в системе профессионально-технического образования. На предприятиях подготовка рабочих проводилась путем индивидуального и бригадного обучения, в технических школах и на курсах, действующих на железных дорогах. Кроме того, на железных дорогах действовали производственно-технические курсы целевого назначения, школы мастеров, школы передового опыта и коммунистического труда, а также широкая сеть экономического и политического образования.

Большое значение в подготовке и переподготовке рабочих массовых профессий в условиях модернизации имели дорожно-технические школы и производственно-технические курсы при них. В 1956 г. на Свердловской железной дороге существовали пять дорожно-технических школ: Свердловская техническая школа машинистов электровозов № 1, Пермская техническая школа машинистов электровозов № 4, Дорожно-техническая школа № 2 станции Свердловск-сортировочный, Пермская техническая школа дорожных мастеров

№ 3, Верещагинская дорожно-техническая школа № 5. Конец 1970–1980-е гг. – период дальнейшего увеличения подготовки рабочих кадров в дорожных технических школах Урала. Железные дороги региона расширялись, требовался дополнительный обслуживающий персонал. Появлялись многие новые профессии. В 1980-е гг. продолжалось строительство дополнительных путей и станций, продолжалась электрификация, обновлялись локомотивный и вагонный парки. Появилась новая дефектоскопная техника. В результате на Свердловской дороге к четырем существующим дорожно-техническим школам добавились еще два учебных центра: в 1985 г. – Нижнетагильский, затем Тюменский. К 1991 г. на Свердловской дороге функционировали пять дорожно-технических школ: Пермская, Свердловск-Пассажирская, Свердловск-Сортировочная, Нижнетагильская, Тюменская.

Перед всеми дорожно-техническими школами были поставлены задачи по подготовке машинистов электровозов и тепловозов, переподготовке машинистов паровозов на машинистов тепловозов и электровозов. Отбор кандидатов для переподготовки на машинистов предписывалось производить из числа наиболее квалифицированных работников. На железных дорогах Урала был установлен определенный порядок подготовки кадров, когда из слесарей стали готовить помощников машинистов, из помощников – машинистов локомотивов [2].

В дорожно-технических школах теоретические занятия проводились преподавателями, а производственное обучение – мастерами (инструкторами) производственного обучения из числа лиц, отвечавших квалификационным требованиям. Преподаватели назначались из числа руководителей предприятий, инженерно-технических работников, экономистов и других специалистов, имевших высшее или среднее специальное образование по профилю учебы. Инструкторы производственного обучения назначались из числа квалифицированных работников, имевших стаж работы по профессии не менее трех лет, высокие производственные показатели, общее или среднее специальное образование. Большинство преподавателей дорожно-технических школ Свердловской магистрали являлись работниками железной дороги с опытом работы и производственным стажем, имеющими соответствующее образование. Подготовку машинистов тепловозов вели выпускники Омского, Харьковского и Ростовского железнодорожных вузов. Уральские преподаватели

и инструкторы переквалифицировались на высших инженерных курсах Министерства путей сообщения, где изучалась тепловозная специальность, а также проходили заочное обучение во Всесоюзном заочном институте инженеров транспорта.

В дорожно-технических школах Урала преимущественно готовились кадры наиболее сложных профессий железнодорожного транспорта, связанных с безопасностью движения поездов: машинисты локомотивов, их помощники, начальники станций, диспетчеры, дежурные по станции, поездные вагонные мастера, электромеханики, дорожные мастера, проводники пассажирских вагонов, машинисты козловых и мостовых кранов, механики-дефектоскописты. Подготовка рабочих по более простым профессиям (стрелочники, слесари, станочники, кондукторы, кочегары, старшие монтеры пути, дежурные по переезду) могла осуществляться как в дорожно-технических школах, так и индивидуально-бригадным порядком и на дистанционных курсах. Сроки обучения устанавливались до шести месяцев, а по отдельным сложным профессиям – до двенадцати месяцев. Теоретическое обучение осуществлялось в учебных группах численностью 25–30 человек.

С 1957 г. в дорожно-технических школах Урала стали готовить машинистов тепловоза. В 1962 г. в Свердловской дорожной технической школе № 1 была подготовлена первая группа машинистов электропоездов. Начиная с 1977 г. ежегодно школа готовила по 25–35 машинистов электропоезда. Учебный план технических школ, рассчитанный на 1606 часов, предусматривал теоретическую и производственную подготовку высококвалифицированных машинистов электропоездов и тепловозов. К началу 1980-х гг. каждый машинист, завершавший обучение в дорожно-технической школе, получал сразу три вида прав управления – электропоездом, тепловозом и электропоездом, что позволяло им без особых усилий быстро переходить с одного типа локомотива на другой. Такая универсальность машиниста значительно облегчала обслуживание электропоездов и тепловозов при их замене [4, с. 8–9]. Кроме того, локомотивные депо постепенно переходили от паровозной тяги на тепловозную, а затем и на электрическую тягу.

Для получения квалификации машиниста электропоезда, его помощника, электромеханика необходимо было иметь образование не ниже семи классов и квалификацию слесаря не ниже 5 разряда. Работники, не имевшие начального образования, стали учиться в вечерних школах и на специально организованных курсах при локомотивных

и вагонных депо. С этой же целью на предприятиях создавались двухсменные вечерние школы, учебно-консультационные пункты, отдельные классы и группы развития индивидуального обучения. В 1958 г. для работников таких профессий, как путевые обходчики, дежурные по переезду, путевые рабочие, бригадиры пути, дорожные мастера, инженерно-техническими работниками путевых околотков проводились занятия по арифметике в объеме четырех классов. Весьма часто руководители цехов проводили индивидуальные занятия с неграмотными рабочими.

Подготовка машинистов электропоездов в дорожно-технических школах Свердловской магистрали была непосредственно связана с реализацией заданий Генерального плана электрификации железных дорог. Можно выделить три этапа роста подготовки машинистов на железной дороге: первый – 1958–1963 гг. – связан с электрификацией магистрали Москва – Свердловск; второй – 1972–1976 гг. – связан с электрификацией магистрали Москва – Казань – Свердловск; третий – 1977–1986 гг. – связан с электрификацией линии Богданович – Камышлов – Тюмень – Называевская для создания единой электрифицированной магистрали с Западно-Сибирской железной дорогой. Наибольшие темпы и объемы подготовки машинистов тепловозов на Свердловской дороге пришлось на 1958–1960 гг. в связи с переводом в этот период Тюменского отделения дороги на тепловозную тягу, а также на 1965–1975 гг. в связи с началом эксплуатации новой линии Тюмень – Тобольск – Сургут.

В дорожно-технических школах Свердловской магистрали подготовка машинистов паровозов продолжалась достаточно длительное время – до 1974 года, что объясняется весьма длительным и сложным процессом вытеснения из перевозочного процесса паровозной тяги. Однако с каждым годом количество работников, обучавшихся на машинистов паровозов, заметно сокращалось: если в 1955 г. было выпущено 138 паровозных машинистов, то в 1974 – 19, с 1975 г. выпуск паровозных машинистов из дорожно-технических школ полностью прекратился. Некоторое увеличение подготовки паровозных машинистов было характерно для 1955–1956 гг. в связи с общим ростом перевозочной работы и для периода 1966–1968 гг., когда паровозная тяга еще эксплуатировалась в маневровом движении и на отдаленных вновь построенных участках дороги [4, с. 5].

Оснащение Свердловской железной дороги цельнометаллическими пассажирски-

ми вагонами с электрическим отоплением, вентиляцией, люминесцентным освещением и сложным электрооборудованием потребовали организации обучения в дорожно-технических школах большого количества кадров проводников. Самые большие объемы подготовки проводников пришлось на 1958–1960 гг., когда их ежегодный выпуск достигал 400–500 человек. С 1969 г. подготовка проводников была переведена из дорожно-технических школ в резервы проводников при крупных пассажирских станциях.

С 1962 г. дорожно-технические школы Свердловской магистрали начали регулярную подготовку операторов и механиков-дефектоскопистов не только для железных дорог Урала, но и для всей сети дорог СССР. С 1979 г. в дорожных технических школах Урала стали готовить для всей сети железных дорог электромехаников аппаратуры ПОНАБ – приборов автоматического обнаружения неисправностей буксового узла вагонов. В 1980-е гг. началась подготовка осмотрщиков вагонов, машинистов мотовоза и водителей дрезин. К началу 1990-х гг. на базе дорожно-технической школы № 1 г. Свердловска был основан Дорожный учебный центр по неразрушающему контролю технических объектов железнодорожного транспорта. Необходимость Центра была связана с высокими темпами оснащения железных дорог Урала приборами магнитного и ультразвукового дефектоскопирования. Центр осуществлял подготовку рабочих кадров по магнитному и акустическому видам неразрушающего контроля деталей подвижного состава [4, с. 9].

При всех дорожно-технических школах постоянно действовали курсы, на которых с отрывом от производства получали новую специальность старшие машинисты, дежурные по депо, поездные вагонные мастера, начальники пунктов технического осмотра вагонов и автоконтрольных пунктов, водители моторельсового транспорта, мостовые мастера, начальники вокзалов и поездов, электромеханики и весовщики. Преимущество постоянно действующих курсов состояло в том, что работали они в специальных учебных помещениях, имели сложившиеся формы преподавания и постоянный преподавательский состав.

Подготовка на курсах носила многопрофильный характер: изучались новые виды и образцы оборудования, агрегатов, механизмов, аппаратуры; новые серии локомотивов; устройство цельнометаллических вагонов, механизмов для ремонта пути, оборудование тяговых подстанций, новое оборудование автоблокировки. Большое

внимание уделялось передовым технологическим процессам: индустриальным методам ремонта локомотивов и вагонов, единому технологическому процессу работы станции, поточной организации производства в цехах.

На железных дорогах Урала в дорожно-технических школах и на курсах при локомотивных депо была организована массовая переподготовка локомотивных бригад, которая позволяла резко увеличить количество обучаемых и вместе с тем не нарушала производственный процесс из-за отвлечения большого количества работников на учебу. Переподготовка паровозных кадров на машинистов электровозов и тепловозов проводилась дублированным порядком, два раза в неделю по 4–5 часов. Локомотивные бригады электровозов половину срока обучались непосредственно при депо без отрыва от производства, а вторую половину обучались в дорожно-технических школах с отрывом от производства. По такой системе обучения в 1958 году для депо Челябинск подготовлены 223 машиниста электровоза, для депо Курган – 418 машинистов и 346 помощников машинистов. В 1960 г. на базе Карталинского локомотивного депо подготовлены 192 машиниста тепловозов и 240 помощников машинистов. Этим обеспечивалось бесперебойное продвижение поездов и экономия государственных средств [10].

Переход на электрическую тягу потребовал новых подходов к технической учебе локомотивных бригад. Возникла необходимость в учебных пособиях, плакатах, инструкциях. За создание учебной базы в дорожно-технических школах и на курсах при депо брались машинисты-инструкторы. Следует особо отметить, что в 1950–1960-е гг. еще отсутствовала техническая литература и наглядные пособия по устройству, эксплуатации и ремонту электровозов и тепловозов. Тем не менее творчеством машинистов-инструкторов, которые были в каждом депо, в первые же годы массовой переподготовки кадров были разработаны и изготовлены многочисленные наглядные пособия: действующие высоковольтные камеры локомотивов, макеты их основных узлов, плакаты и электрические схемы.

В 1950–60-е гг. – период, когда электрификация железных дорог Урала осуществлялась наиболее высокими темпами – сами машинисты составляли памяти по обнаружению и устранению неисправностей в пути следования. Как правило, памяти и инструкции составлялись сразу несколькими машинистами. Они постоянно посещали технические совещания и записывали

новые сведения в блокноты, чертили схемы, чтобы в следующий раз, столкнувшись с похожей нестандартной ситуацией, суметь найти оптимальный выход из нее. Машинисты объединяли свои записи и схемы и составляли памятку по ремонту и эксплуатации электровозов. Такая памятка очень быстро становилась достоянием всех машинистов железных дорог Урала. По таким «учебным пособиям» учились не только ветераны-паровозники, но и молодые машинисты-новички.

Подготовка машинистов электровозов и тепловозов, слесарей по ремонту локомотивов потребовала преподавания в дорожно-технических школах комплекса новых дисциплин, прежде всего – электротехники и электроники, устройства и ремонта узлов тепловоза и электровоза, автотормозов и их работы, правил технической эксплуатации, инструкций по движению, техники безопасности на железнодорожном транспорте (в депо). Помимо этого, машинист и помощник машиниста должны были знать материальную базу основных служб транспорта: СЦБ, вагонное хозяйство, путевое хозяйство, хозяйство движения, инструкцию по движению. Группы тепловозных машинистов подробно изучали весь цикл электро-монтажных работ на тепловозе, самостоятельно собирали действующие приборы, осваивали прямое, косвенное и дистанционное управление тяговыми двигателями. При изучении конструкции тепловоза использовалось оборудование кабинетов дорожно-технических школ и Дома техники железной дороги. Кроме того, периодически проводились занятия непосредственно на тепловозе на станции Свердловск-Пассажирский.

Слесари по ремонту тепловозов обязаны были в совершенстве знать способы автоматизированной зарядки аккумуляторных батарей тепловозов, полупроводниковые блоки, весь комплекс технической и технологической оснастки для ремонта и контроля качества полупроводниковых блоков тепловозов грузового и пассажирского движения. На занятиях в дорожно-технических школах рабочие изучали приборы для звукового контроля работы подшипников, редукторов и других механических силовых передач, регулятор напряжения для цепей управления тепловозом.

На занятиях преподаватели рассказывали об устройстве и действии каждого аппарата, узла или особенностях того или иного участка электрической схемы. Лучшие преподаватели не ограничивались хрестоматийными данными, а перечисляли особенности работы узлов, аппаратов, вероятные

отказы оборудования, причины таких отказов, известные мастерам способы устранения этих отказов или их профилактики. Слушателям приходилось осваивать новую технику, новые технологии и новые нормы. Для систематической учебы потребовались специальные классы, наглядные пособия, мастера по техническому обучению, чтение специального цикла лекций [7, с. 19].

В курс обучения проводников пассажирских вагонов была введена новая сложная дисциплина «электрооборудование вагонов», которая состояла из разделов: внутреннее и внешнее электрооборудование пассажирских вагонов; схема сигнализации нагрева букс; блок управления пожарной сигнализацией; распределительные щиты управления электрооборудованием пассажирских вагонов. Проводники на действующем электрооборудовании (электрощите) отрабатывали практические навыки по его включению, отключению, обесточиванию в обычных условиях и в аварийных ситуациях. Проводник должен был знать правила перевозок пассажиров и багажа, уметь читать железнодорожный билет, заполнять дорожную документацию, решать конфликтные ситуации. Все эти знания и навыки приобретались на занятиях по дисциплине «Организация пассажирских перевозок и правила обслуживания пассажиров». Так модернизация усложнила профессию проводника.

Одним из важнейших предметов, преподававшихся в дорожно-технических школах для работников всех профессий, были «Правила технической эксплуатации железных дорог СССР». Предмет включал в себя изучение инструкции по движению поездов и сигнализации, приказов МПС и начальника дороги по вопросам обеспечения безопасности движения поездов. Как правило, лучшие преподаватели в живой и интересной форме объясняли новый материал, приводили примеры и случаи из своего большого производственного опыта, рассказывали об отдельных фактах нарушений правил технической эксплуатации и об их последствиях. Занятия с рабочими сопровождались экскурсиями на сортировочные станции, где в условиях производства изучались темы «Сигнализация» и «Движение поездов» [1].

Дежурные по станции, начальники станций, товарные кассиры, весовщики изучали предмет «Организация работы железнодорожных станций», который включал в себя основные принципы устройства и технологии работы железнодорожных станций, обязанности работников станций. Для приобретения учащимися навыков по

практическому применению полученных знаний в течение курса выполнялся целый ряд упражнений: вычерчивание масштабной схемы станции, составление технической документации (плана-графика работы станции), расчет измерителей работы станции [1].

Курс «Организация движения поездов» давал учащимся знание общих основ организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. При изучении курса преподаватели добивались от курсантов полного понимания взаимной связи всех звеньев железнодорожного транспорта и роли каждого работника в организации четкой и непрерывной работы огромного и сложного транспортного конвейера. Большое внимание уделялось теории составления планов формирования поездов и графика движения поездов, расчету пропускной способности железных дорог, изучению качественных показателей работы железных дорог, отделений, станций, а также вопросам организации оперативного руководства эксплуатационной работой. В качестве домашнего курсового задания учащиеся выполняли построение графика движения поездов [1].

Необходимость повышения качества обучения машинистов привела к появлению в дорожно-технических школах тренажеров: наглядность и доступность в овладении навыками управления электровозом, изучение причин тех или иных неисправностей, сбоя в работе машин и механизмов были возможны только при практическом обучении непосредственно на электровозе. Если в 1960-е гг. практическое обучение проводилось непосредственно на локомотиве, то с появлением тренажеров появилась возможность отрабатывать практические навыки вождения в школе. В 1980-е гг. дорожно-технические школы Урала начали повсеместно оснащаться компьютерными тренажерами электровозов ВЛ22<sup>м</sup>, ВЛ11, ЧС2 и тепловоза 2ТЭ116 – локомотивов, наиболее распространенных на железных дорогах Урала. Занятия на тренажерах по ведению поезда являлись суммирующими занятиями после получения теоретических знаний по дисциплинам: устройство и ремонт электровозов, управление и техническое обслуживание электровозов, управление тормозами, приборы безопасности, правила технической эксплуатации [4, с. 10].

К началу 1980-х гг. все учебные кабинеты и лаборатории дорожно-технических школ Урала были оснащены наглядными учебными пособиями, инструкциями, действующими макетами, электрическими схемами, набором различных таблиц

и пакетов программ. Оборудованы отдельные кабинеты «Устройство тепловозов» с действующей высоковольтной камерой, «Устройство цельнометаллических вагонов», «Автотормоза» с действующей тормозной установкой тепловоза. Уральский электромеханический институт инженеров железнодорожного транспорта создавал базу тренажеров и компьютерных программ для всех дорожно-технических школ и для самой дороги.

В 1980-е гг. неотъемлемой частью учебного процесса в дорожно-технических школах стали полигоны, имеющие большое значение в приобретении профессиональных навыков учащимися. На полигоне были установлены вагоны-тренажеры: крытый вагон, цистерны, платформы, полувагоны. Здесь же были размещены участки пути, стрелочные переводы, переезд с автоматическим шлагбаумом. На отдельном участке полигона были установлены тележка грузового вагона ЦНИИ-ХЗ (модель 18-100), пассажирского вагона ТВЗ-ЦНИИ-1, колесные пары локомотива и вагонов. Значительную часть практических занятий преподаватели проводили на полигоне, чтобы наряду с теоретическими знаниями у учащихся вырабатывались практические навыки. Такое обучение помогало преподавателям максимально точно воссоздать реальную обстановку железной дороги, чтобы еще в стенах школы проходила адаптация к работе на производстве.

После теоретического обучения в дорожно-технических школах начиналась производственная практика, которая проводилась в два периода. Первый период – производственное обучение на базе технической школы в учебных мастерских, на полигонах и других объектах по учебным планам и программам. При отсутствии в технических школах необходимой учебно-материальной базы производственное обучение осуществлялось на соответствующих предприятиях железнодорожного транспорта. Второй период – производственная практика учащихся непосредственно на объектах тех предприятий и организаций железнодорожного транспорта, для которых осуществлялась подготовка кадров. Обучение проводилось на рабочих местах в качестве дублеров, но если учащиеся уже имели соответствующую квалификацию, а предприятие располагало рабочими местами – производственное обучение проводилось на оплачиваемых должностях при обязательном условии выполнения всех разделов учебной программы. При этом учащиеся-практиканты включались в состав лучших производственных бригад [8].

Учебно-методическое руководство производственной практикой непосредственно на предприятиях железнодорожного транспорта осуществлялось дорожно-техническими школами путем посещения объектов практики руководителями и преподавателями школы. Общее руководство практикой на предприятиях транспорта осуществлял один из квалифицированных специалистов данного предприятия, который организовывал практику учащихся, оказывал им необходимую помощь в работе и в создании нормальных условий быта. Непосредственное руководство производственным обучением в период практики на рабочих местах возлагалось на мастеров, бригадиров, квалифицированных рабочих, имевших большой опыт работы, передовиков производства. По окончании производственной практики все учащиеся представляли в техническую школу дневники-отчеты, в которые вносились подтвержденные руководителями практики календарные записи всей проделанной работы на производстве и общая оценка учащемуся по практике.

Процесс производственного обучения на предприятиях железнодорожного транспорта машинистов локомотивов и их помощников разделялся на два этапа: производственное обучение ремонту локомотивов в условиях депо; производственное обучение управлению, обслуживанию и уходу за локомотивом. Производственное обучение машинистов тепловозов производилось в депо Петропавловск Омской железной дороги, а машинистов электровозов – в локомотивных депо Свердловск-Сортировочный, Надеждинск-Сортировочный, Кушва, Пермь-II, Чусовская. Руководителями производственного обучения становились мастера подъемного и периодического ремонтных цехов, инженеры по ремонту локомотивов. Все они, как руководители практики, осуществляли распределение учащихся по рабочим местам в депо, контролировали работу учащихся в течение рабочего дня, осуществляли инструктаж и обучение правильному выполнению работ по ремонту локомотивов. Кроме того, на них возлагалась обязанность по организации и проведению пробных работ на слесарный разряд. Учащиеся могли также получать консультации при ремонте локомотивов у слесарей и бригадиров цеха [1].

В 1955–1956 гг. на базе депо Петропавловск осуществлялось производственное обучение ремонтно-эксплуатационного персонала по обслуживанию локомотивов ТЭ2 и ТЭ3. Обучение проводили опытные уральские машинисты. В технических кабинетах изучали причины неисправностей

тепловозов и электровозов, их конструктивные особенности. Технические занятия с локомотивными бригадами проводились ежедневно. Как правило, опытные машинисты тщательно разбирали с курсантами схемы устройств локомотивов, потом вели к локомотиву – показывать все практически. Для машинистов, успешно выдержавших экзамен на право управления электровозом, была создана специальная школа обучения работе в зимних условиях. В первых поездках «молодых» электровозников сопровождали командиры, инженеры, машинисты-инструкторы. В дальнейшем такие машинисты не оставались без внимания. За каждым из них закреплялся опытный машинист-наставник, задача которого состояла в том, чтобы обучить молодого машиниста и закрепить наиболее эффективные методы вождения поездов [5, с. 230]. Производственное обучение машинистов тепловозов и их помощников в 1960-е гг. проводилось также в депо Тюмень, где ежегодно осваивали ремонтную и поездную практику по четыре группы машинистов и их помощников общей численностью около 300 человек.

Производственное обучение групп дежурных по станции и начальников станции проводилось также в два этапа: на участковых или сортировочных станциях в должности стрелочника, составителя, кассира, технического конторщика, весовщика, товарного кассира и таксировщика; на промежуточных станциях в должности дежурного по станции с целью практического изучения работы по приему, отправлению и пропуску поездов, руководству маневровой работой. При прохождении практики учитывались место жительства учащихся и перспективы их использования на работе по окончании учебы [1].

Производственная практика дежурных по станции и начальников станций была сосредоточена в основном на небольшом числе станций, которые являлись для дорожно-технических школ постоянными базами производственного обучения: Свердловск-Пассажирский, Пермь-Пассажирская, Верецагино, Кунгур, Свердловск-товарный, Кузино, Свердловск-Сортировочный, Тюмень, Поклевская, Чусовская, Кизел, Смычка, Нижний Тагил, Егоршино, Алапаевск. Это позволяло правильно организовать производственное обучение, а также иметь постоянный штат руководителей практики из числа инженерно-технических работников этих станций.

Учащиеся групп проводников пассажирских вагонов проходили практику по обслуживанию пассажиров и содержанию вагонов в пути следования поезда, в основном

в Свердловском резерве проводников в течение семи дней, а также в Нижнем Тагиле. Руководителями практики являлись специальные инструкторы, которые вместе с учащимися выезжали в поездки и проводили обучение в производственных условиях. Группы электромехаников СЦБ проходили производственное обучение в течение четырех недель по обслуживанию и содержанию устройств СЦБ на тех дистанциях дороги, которые направили их для обучения в дорожно-техническую школу. Руководителями практики являлись старшие электромеханики [1].

В Пермской технической школе дорожных мастеров были предусмотрены две производственные практики по подготовке квалифицированных рабочих путевой службы: первая – по реконструкции, ремонту и текущему содержанию пути; вторая – текущее содержание пути и искусственных сооружений зимой. Как правило, учащиеся проходили практику на путевых машинных станциях, на звеносборочных базах, на работах по укладке и рихтовке пути [3].

В конце практики каждый учащийся сдавал пробную работу на слесарный разряд и пробную поездку по управлению локомотивом. Квалификационные (пробные) работы проводились в течение последних двух недель обучения работников на производстве и должны были соответствовать каждой конкретной профессии, уровню квалификации работника и нормам выработки, принятым на данном предприятии. Рабочие, проходившие обучение на машинистов локомотивов, мотовозов, путевых машин, грузоподъемных кранов, водителей автодрезин и автомотрис, кроме выполнения пробной работы проходили испытание на самостоятельное управление локомотивом, машиной, краном в качестве действующего машиниста или водителя. После пробной работы и поездки проводился экзамен.

Во время экзамена квалификационная комиссия проверяла объем и содержание теоретического и производственного обучения молодого рабочего, рассматривала результаты пробной работы и акт пробной поездки, заслушивала мастера цеха (дорожного мастера, старшего электромеханика, дежурного по станции или другого руководителя работ на данном участке) об овладении учащимся умениями и навыками в работе по специальности. Экзамены проводились путем устного опроса в пределах учебных программ, требований квалификационной характеристики и должностных инструкций. Экзамены проводились по всем предметам дорожно-технической школы, при этом экзамены по

«Правилам технической эксплуатации железных дорог СССР» проводились в обязательном порядке и в объеме, установленном Министерством путей сообщения для каждой профессии. После успешной сдачи экзамена начальник дорожно-технической школы выдавал рабочему единое свидетельство о присвоении профессии и квалификации работника железнодорожного транспорта, разряда, класса, категории по профессии [8, с. 6–8].

Рассмотренный в статье материал позволяет сделать ряд принципиальных выводов.

1. Дорожно-технические школы смогли успешно решить три важнейшие государственные задачи: обеспечить массовую подготовку, переподготовку и повышение квалификации рабочих массовых профессий в соответствии с требованиями модернизации транспорта. Подобная задача оказалась непосильной для системы профессионально-технического образования ввиду ограниченности материально-технической базы училищ, недостатка квалифицированных преподавательских кадров и ограниченной номенклатурой подготовки рабочих кадров. Ввиду этого вся тяжесть по обучению рабочих кадров легла на дорожно-технические школы.

2. Подготовка кадров в дорожно-технических школах имела и существенные недостатки, которые замедляли процесс модернизации транспорта. Во-первых, учебные программы школ не учитывали образовательный уровень рабочих, который в основном оставался невысоким. В связи с этим возникла проблема несоответствия образовательного уровня большинства работников требованиям новых учебных программ. Потребовалась организация целой сети курсов и школ рабочей молодежи, вечерних школ, чтобы предоставить рабочему полноценное среднее образование, необходимое ему для получения новой профессии. Во-вторых, отсутствовали гибкие, адаптированные под условия производства формы подготовки рабочих, что препятствовало увеличению численности обучаемых рабочих. В условиях интенсивного роста перевозочного процесса директора предприятий не были заинтересованы в направлении на учебу больших коллективов рабочих, что приводило к недоборам необходимых контингентов учащихся.

3. Сложившаяся за десятилетия система дорожно-технических школ, ориентированных на удовлетворение потребностей в кадрах отделений дорог и специализированных на подготовке строго определенных категорий работников, полностью себя

оправдала, обеспечив квалифицированными кадрами все службы и подразделения транспорта. Дорожно-технические школы в наибольшей степени отвечали требованиям модернизации транспорта, они смогли перестроить свои учебные программы, переквалифицировать преподавательский состав и установить самые тесные связи с производством. Современная политика объединения дорожно-технических школ в единые центры обучения на железных дорогах должна сохранять главные преимущества прежней системы обучения – непосредственную связь с производством и квалифицированный преподавательский состав.

#### Список литературы

1. Государственный архив Свердловской области (ГАСО). Ф. 65. Оп. 6. Д. 103а. Л. 27–30, 35–36, 70.
2. ГАСО. Ф. 65. Оп. 6. Д. 68. Л. 50.
3. ГАСО. Ф. 65. Оп. 6. Д. 126. Л. 223.
4. Екатеринбургский учебный центр № 1. 75 лет. Екатеринбург: Свердловская железная дорога – филиал ОАО «РЖД», 2011. – 30 с.
5. История железнодорожного транспорта Советского Союза. 1945–1991 гг. – М.: Транспорт, 2004. – Т. 3. – 631 с.
6. Конов А.А. Реализация Генерального плана электрификации железнодорожного транспорта на Урале в 1956–1970 гг. // Транспорт Урала. Научно-технический журнал. – 2014. – № 3(42). – С. 18–23.
7. Курков В.Н. Школа слесаря Тарасова. – М.: Транспорт, 1983. – 28 с.
8. Положение о производственной практике учащихся технических школ (курсов) железнодорожного транспорта и метрополитенов от 27.06.89 г. 5 с.
9. Правила проведения экзаменов на присвоение профессии и квалификации работникам железнодорожного транспорта от 27.06.1989 г. – 17 с.
10. Сектор архивов Управления делами Южно-Уральской железной дороги. Ф. 1. Оп. 16/17. Д. 15. 99 л.

#### References

1. Gosudarstvennyj arhiv Sverdlovskoj oblasti (GASO). [State Archive of the Sverdlovsk region] (SASO). F. 65. Op. 6. D. 103a. L. 27–30, 35–36, 70.
2. GASO (SASO). F. 65. Op. 6. D. 68. L. 50.
3. GASO (SASO). F. 65. Op. 6. D. 126. L. 223.
4. Ekaterinburgskij uchebnyj centr № 1. 75 let [The Ekaterinburg Centre of Professional training no. 1. 75 Anniversary]. Ekaterinburg, RZD Publ., 2011. 30 p.
5. Istorija zheleznodorozhnogo transporta Sovetskogo Sojuza. 1945–1991 gg. [The History of the Soviet Union railway transport. 1945–1991]. Moscow, Transport Publ., 2004. Vol. 3. 631 p.
6. Konov A.A. Realizacija General'nogo plana jelektrifikacii zheleznodorozhnogo transporta na Urale v 1956–1970 gg. [Implementation of Railway Transport Electrification Master Plan in the Urals in 1956–1970]. *Transport Urala – Transport of the Urals. Nauchno-tehnicheskij zhurnal*, 2014, no. 3(42), pp. 18–23.
7. Kurkov V.N. *Shkola slesarja Tarasova* [The experience of worker Tarasov]. Moscow, Transport Publ., 1983. 28 p.
8. *Polozhenie o proizvodstvennoj praktike uchashhhsja tehniceskikh shkol (kursov) zheleznodorozhnogo transporta i metropolitenov ot 27.06.1989 g.* [Regulation of industrial practice of the workers training in the technical schools (courses) of railway transport and metro from 27.06.1989]. 5 p.
9. *Pravila provedenija jekzamenov na prisvoenie professii i kvalifikacii rabotnikam zheleznodorozhnogo transporta ot 27.06.1989 g.* [Regulations of examination for giving the profession and qualification for railway transport workers from 27.06.1989]. 17 p.
10. Sektor arhivov Upravljenija delami Juzhno-Uralskoj zheleznoj dorogi [Sector of the archives of the Department of deeds of the South Urals railway]. F. 1. Op. 16/17. D. 15. 99 l.

#### Рецензенты:

Шаталова Н.И., д.соц.н., профессор, заведующая кафедрой «Управление персоналом и социология», Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург;

Рачек С.В., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой «Экономика транспорта», Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург.

УДК 658.1.009.12

## ОЦЕНКА И МОНИТОРИНГ РИСКОВ КОСМИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

**Латышенко Г.И., Сычева Е.М., Анищенко Ю.А.**

*Сибирский государственный аэрокосмический университет им. ак. М.Ф. Решетнева,  
Красноярск, e-mail: latyshenko59@mail.ru*

В настоящей статье рассматривается алгоритм мониторинга рисков по стадиям жизненного цикла космических проектов. Сформулированы понятия: «космический проект»; «риски космического проекта»; «мониторинг рисков космических проектов». Предлагаемая методика мониторинга рисков охватывает такие этапы космических проектов, как научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы; производство, подготовка и запуск космических аппаратов и их эксплуатация. Даны рекомендации по внедрению данной методики для предприятий ракетно-космической отрасли. В работе определено, что для предотвращения возникновения риска, а следовательно, и снижения вероятности наступления убытков, необходимо контролировать состояние космического проекта путем постоянной оценки и мониторинга рисков, отсюда возникает необходимость выделения резерва на непредвиденные обстоятельства. Это позволит минимизировать затраты и повысить эффективность реализации космических проектов.

**Ключевые слова:** космический проект, риски космического проекта, мониторинг рисков космических проектов

## ASSESSMENT AND MONITORING OF RISKS OF SPACE PROJECTS

**Latyshenko G.I., Sycheva E.M., Anischenko Y.A.**

*Siberian State Aerospace University named after academician M.F. Reshetnev,  
Krasnoyarsk, e-mail: latyshenko59@mail.ru*

In this article an algorithm for risk monitoring stages of the life cycle of space projects. Defined concepts: «space project»; «the risks of the space project»; «monitoring of risks of space projects». The proposed method for risk monitoring covers the following phases of space projects, such as: research and development; production, preparation and launch of space vehicles and their operation. Recommendations on the implementation of this methodology for enterprises of rocket and space industry. The paper found that to prevent the risk, and, therefore, reduce the likelihood of losses, it is necessary to monitor the status of the space project by continuous assessment and monitoring of risks, hence the need to allocate the reserve for contingencies. This will minimize the costs and increase the effectiveness of the implementation of space projects.

**Keywords:** project space, space project risks, monitoring of risks of space projects

Космическая деятельность является одним из приоритетных направлений развития высокотехнологичного производства в Российской Федерации. В настоящее время Роскосмос реализует различные проекты гражданского и оборонного назначения в соответствии с принятой программой развития. Начиная с 2010 года, аэрокосмическая отрасль РФ несет значительный ущерб от неудачных запусков космических аппаратов, внешних и аварийных ситуаций, возникающих на орбите. Поэтому мониторинг, оценка вероятности наступления и прогнозирование рисков имеет особое значение для минимизации экономического ущерба и повышения эффективности реализации космических проектов.

В данном исследовании под космическим проектом предлагается понимать проект по созданию, использованию и передаче ракетно-космических аппаратов, а также по предоставлению услуг с использованием ракетно-космической техники.

Для реализации космических проектов характерны следующие особенности [2]:

- большое число соисполнителей на всех этапах создания ракетно-космической техники;
- единичный и мелкосерийный тип производства;
- высокий уровень наукоемкости продукции;
- постоянное повышение требований к надежности, безопасности и качеству продукции;
- сложность изготовления продукции, ее уникальность и высокая стоимость.

Создание космической техники подвержено рискам. Это обусловлено, с одной стороны, устойчивостью функционирования космической системы и состоянием рынка космической продукции, а с другой стороны – экономической ситуацией.

Под риском космического проекта авторы предлагают понимать возможность нанесения в процессе осуществления космической деятельности имущественного ущерба.

Негативное влияние риска космического проекта связано с различными факторами: с одной стороны – это вредоносные факторы на всех этапах жизненного цикла

космической техники, с другой – это ответственность, обусловленная возникающими экономическими отношениями. Независимо от причин возникновения рисков в проекте, необходимо предусмотреть возможность сокращения потерь, связанных с реализацией космического проекта. Это осуществляется путем принятия управленческих решений, в ходе реализации которых происходит управление и мониторинг рисков. Благодаря мониторингу рисков проекта происходит пополнение информационной базы о возможных рисках.

Для целей данного исследования под мониторингом рисков космических проектов понимается процесс отслеживания идентифицированных и остаточных рисков, выявления новых рисков, реализации планов снижения рисков и оценки эффективности космического проекта на протяжении всего его жизненного цикла.

**Основная цель мониторинга** заключается в наблюдении за результатами выполнения принятых планов по предотвращению рисков и смягчению их последствий; за определением количественных параметров и условий, определяющих применение плана снижения рисков, а также в информировании проектной группы в случае наступления риска.

Мониторинг рисков космических проектов представляет собой процесс: отслеживания идентифицированных рисков и выявления новых; реализации планов устранения рисков и оценки эффективности космического проекта на протяжении всего его жизненного цикла. Разработка методики мониторинга рисков космических проектов направлена на снижение ущерба и вероятности рисков. Использование данной методики позволит оценить экономическую целесообразность космического проекта, так как стоимость предлагаемых мероприятий не должна превысить ожидаемое снижение ущерба от реализации риска.

Алгоритм мониторинга и контроля рисков космического проекта (рисунок) затрагивает все компоненты проекта. Он обеспечивает основу для усилий участников проекта по соблюдению нормативных требований, четко определяя взаимосвязи между целями, возможными препятствиями на пути их достижения и способами воздействия на эти препятствия.

На первом этапе алгоритма определяются и анализируются все этапы жизненного цикла космического проекта. Начальной стадией (этап 1.1) являются научно-исследовательские работы (НИР), которые состоят из следующих этапов: разработка технического задания космического проекта; выбор исследовательского направления; оценка и обобщение результатов исследования [1].

Следующим этапом (этап 1.2) являются опытно-конструкторские работы (ОКР), здесь происходит разработка конструкторской документации: технические предложения, эскизный и технический проекты, конструкторская рабочая документация.

Этап производства космического аппарата на основе сформированного портфеля заказов (этап 1.3).

На этапе 1.4 космического проекта проводятся испытания изделия и его элементов на соответствие работоспособности, собираемости, безотказности, ремонтпригодности, контролируемости, технологичности и подготовки к запуску космического аппарата.

На предпоследнем этапе проекта (этап 1.5) проводится запуск космического аппарата, то есть совокупность организационно-технических мероприятий, что позволяет осуществить подготовку и сам запуск космического аппарата, его выведение на заданную орбиту и провести оценку степени готовности ее к использованию по назначению.

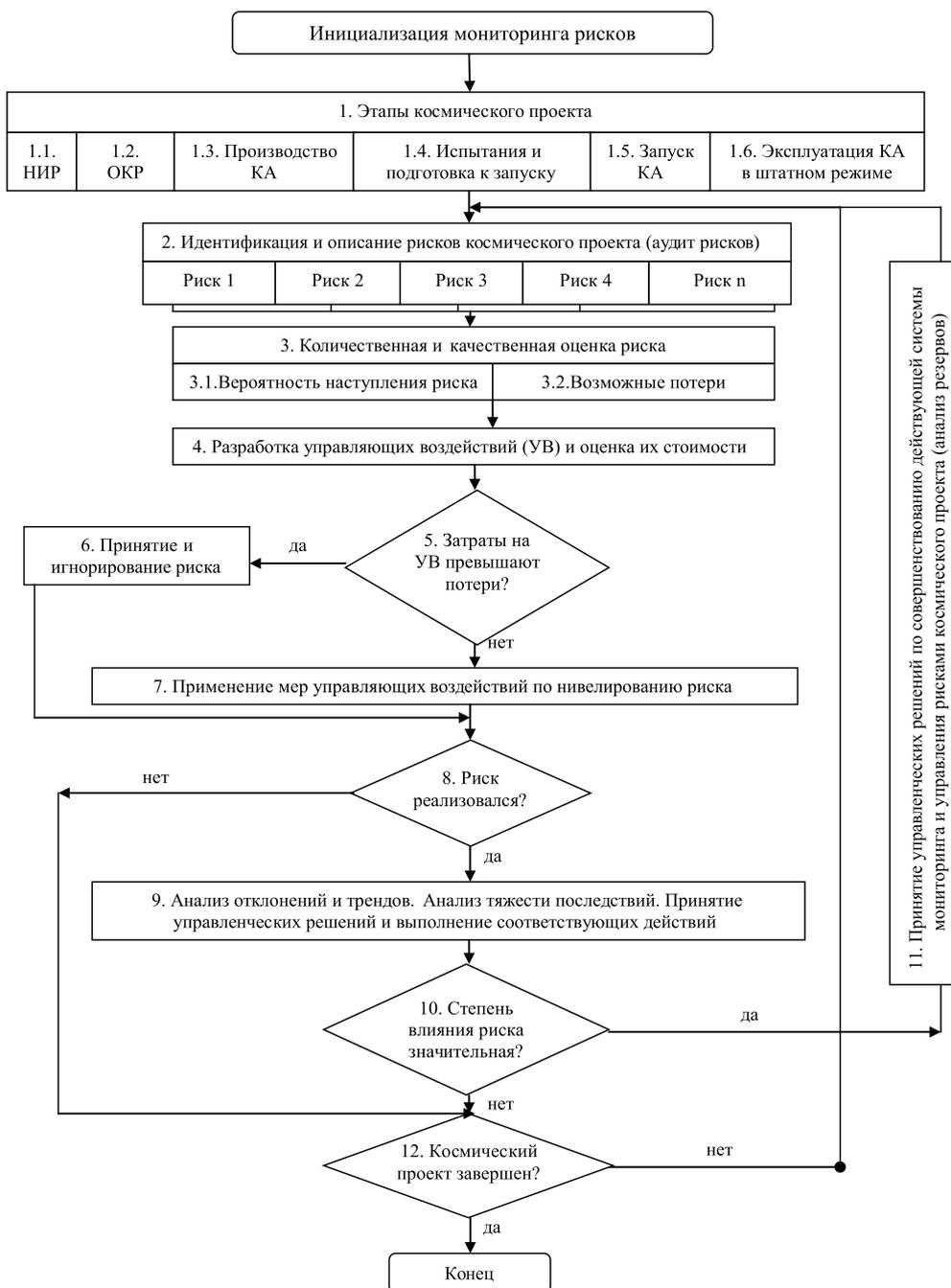
Завершающий этап (этап 1.6) заключается в эксплуатации заказчиком или потребителем данной продукции по назначению или как комплектующие изделия при производстве другой продукции [1].

На втором этапе алгоритма происходит идентификация и описание максимально возможного количества рисков данного космического проекта, то есть процесс определения рисков, влияющих на проект, и документирование их характеристик. Идентификацию рисков проводит команда проекта и эксперты по вопросам управления рисками, также могут привлекаться к участию заказчики и эксперты определенных областей.

Результатом процесса идентификации рисков космических проектов является *Регистр рисков*, содержащий: список идентифицированных рисков, список потенциальных действий по реагированию, основные причины возникновения риска и уточнение категорий рисков.

На третьем этапе осуществляется количественная и качественная оценка рисков проекта. Описание рисков должно сопровождаться прогнозными расчетами вероятности их наступления и возможными потерями для предприятия.

На четвертом этапе алгоритма инициализации мониторинга рисков разрабатываются управляющие воздействия и оценивается их стоимость. Управляющее воздействие – это сознательное целенаправленное воздействие на управление рисками космического проекта и анализ «антирисковых» мероприятий по устранению нежелательного развития событий или их отрицательных последствий.



Алгоритм мониторинга рисков космических проектов

Результаты мониторинга рисков оформляются в виде Протокола риска, где, помимо оценки финального уровня риска, записывается вся сопутствующая информация, которую анализировали на этапе идентификации. Протокол риска отражается в Регистре рисков и передается руководителю предприятия для утверждения.

После завершения разработки управляющих воздействий и оценки их стоимости происходит переход на пятый этап алгорит-

ма, и здесь необходимо ответить на вопрос: «Превышают ли затраты на управляющие воздействия потери от риска»? Если затраты превышают потери, тогда происходит принятие и игнорирование риска (этап 6) и переход на восьмой этап алгоритма. Если же затраты на управляющие воздействия не превышают возможные потери от риска, тогда необходимо применять меры управляющих воздействий по нивелированию риска (этап 7).

На шестом этапе алгоритма происходит принятие риска, это означает, что команда проекта приняла решение не изменять план проекта в связи с риском, поскольку либо вероятность риска слишком мала, либо эффект от риска чересчур велик и его влияние на цели проекта в случае реализации ставит под вопрос ключевые цели проекта. После принятия риска и применения мер управляющих воздействий по его нивелированию необходимо выяснить, реализовался риск или нет (этап 8). Если риск реализовался, то необходимо: применить инструменты мониторинга рисков, проанализировать тяжести последствий, применить необходимые управленческие решения и выполнить соответствующие действия (этап 9). Если риск не реализовался, тогда происходит переход к этапу 12.

Также необходимо определить, какова степень влияния данного риска (этап 10). Если степень влияния риска значительная, тогда возникает необходимость принятия управленческих решений по совершенствованию действующей системы мониторинга и управления рисками космического проекта (этап 11). После принятия решений по совершенствованию системы мониторинга происходит переход к этапу идентификации и описания рисков (этап 2), для пересмотра всех этапов и процедур алгоритма. Если степень влияния риска незначительная, тогда необходимо определить, завершился ли космический проект (этап 12). Если космический проект не завершен, тогда необходимо вернуться к этапу идентификации и описания рисков (этап 2). Алгоритм мониторинга рисков можно считать успешным, если космический проект завершен и достиг своей конечной цели.

Основным принципом проведения оценки и мониторинга является сопоставимость результатов, то есть необходимо применять единую методику и использовать ее через равные интервалы времени. Эффективность проведения оценки и мониторинга будет зависеть от качественного построения системы показателей рисков, степени ее чувствительности к неблагоприятным изменениям в отношении к рассматриваемому космическому проекту.

Методика мониторинга рисков космических проектов предусматривает создание информационной базы, в состав которой включены несколько баз данных: архивы результатов оценки и мониторинга; каталоги факторов и профилей рисков данного космического проекта; банк методов, моделей и средств оценки рисков; банк методов и алгоритмов мониторинга рисков; архивы протоколов рисков и другая информация.

Большая часть информации, отраженная в базах данных, формируется заранее, а затем, в ходе оценки и мониторинга, пополняется и актуализируется. Разработка требований к структуре и содержанию указанных выше баз данных – очень трудоемкая задача.

После завершения этапов оценки и мониторинга рисков происходит выбор и обоснование выбора антирисковых мероприятий. Исходные данные и другая информация отражаются в Протоколе рисков. Протоколы оформляются, подписываются исполнителями-аналитиками и передаются руководству предприятия. Они подлежат сохранению в архиве протоколов и обязательно принимаются во внимание при последующем мониторинге, пересмотре принятых решений и иных случаях оценки риска. Протоколы прошлых мониторингов не уничтожаются и не подлежат корректировке, так как содержат важную информацию для оценки динамики изменения уровня риска и эффективности применяемой методики мониторинга рисков.

В целях предотвращения риска, а следовательно, снижения вероятности возникновения возможных убытков, состояние космического проекта необходимо контролировать путем постоянного мониторинга. Методика мониторинга рисков космических проектов должна включать в себя:

- Обновленный реестр рисков, включающий результаты корректировки рисков, аудита рисков, фактические результаты рисков проектов и результаты реагирования на риски.

- Запрошенные изменения, возникающие в результате необходимости изменения плана управления проектом в ответ на риск, оформленные документально.

- Корректирующие и предупреждающие действия по приведению космического проекта в соответствие с планом управления рисками.

- Активы организационного обновления. Результаты мониторинга рисков выполняемого космического проекта должны быть использованы в последующих проектах и отражены в составе активов организационного процесса.

- План обновления космического проекта. Одобренные запросы на изменение процесса управления рисками, необходимо отразить в соответствующих частях плана управления проектом.

Необходимость применения методики мониторинга рисков космических проектов обусловлена тем, что часть рисков может остаться неидентифицированными, отсюда возникает необходимость выделения резерва на непредвиденные обстоятельства,

в него будут включены неизвестные риски и все известные риски, для которых разработка конкретных мер воздействия не представляется экономически эффективной или возможной [3]. Менеджер по мониторингу рисков должен инициализировать, оценивать и отслеживать риски проекта, а также запланировать затраты и отслеживать рентабельность проекта на каждом из его этапов. Своевременный мониторинг рисков поможет команде космического проекта сократить сроки проекта и повысить его эффективность.

#### Список литературы

1. Ильенкова С.Д. Инновационный менеджмент. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://exsolver.narod.ru/Books/Management/Innov\\_man](http://exsolver.narod.ru/Books/Management/Innov_man) (дата обращения: 26.06.2015).
2. Медведчиков Д.А. Современные условия осуществления космической деятельности и космического страхования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.space-ins.ru/index.php/kategoria2/18-conditions.html> (дата обращения: 26.06.2015).
3. Клейнер Г. Риски промышленных предприятий: как их уменьшить и компенсировать // Российский экономический журнал. – 2004. – № 5–6.
4. Коптевый Д.В. Особенности управления рисками в процессе реализации аэрокосмических инвестиционных проектов. – М.: Фантом, 2009. – 250 с.
5. Кошелевский И.С. Обзор методов управления проектными рисками // Проблемы современной экономики:

материалы II междунар. науч. конф. – Челябинск: Два комсомольца, 2012. – С. 164–166.

#### References

1. Penkova S.D. Innovacionnyj menedzhment. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: [http://exsolver.narod.ru/Books/Management/Innov\\_man](http://exsolver.narod.ru/Books/Management/Innov_man) (data obrashhenija: 26.06.2015).
2. Medvedchikov D.A. Sovremennye uslovija osushhestvenija kosmicheskoj dejatel'nosti i kosmicheskogo strahovanija. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.space-ins.ru/index.php/kategoria2/18-conditions.html> (data obrashhenija: 26.06.2015).
3. Klejner G. Riski promyshlennyh predpriyatij: kak ih umen'shit' i kompensirovat // Rossijskij jekonomicheskij zhurnal. 2004. no. 5–6.
4. Koptelyj D.V. Osobennosti upravlenija riskami v processe realizacii ajerokosmicheskikh investicionnyh projektov. M.: Fantom, 2009. 250 p.
5. Koshelevskij I.S. Obzor metodov upravlenija proektnymi riskami // Problemy sovremennoj jekonomiki: materialy II mezhdunar. nauch. konf. – Cheljabinsk: Dva komsomolca, 2012. pp. 164–166.

#### Рецензенты:

Ерыгина Л.В., д.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева», г. Красноярск;

Демченко С.К., д.э.н., профессор кафедры экономики и планирования, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.

УДК 001.891.573

## МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МНОГОСЕКТОРНОЙ ЭКОНОМИКИ

Лебедев В.И., Лебедева И.В.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт информационных технологий и телекоммуникаций, Ставрополь, e-mail: victorlebedev2013@yandex.ru

При изучении динамических процессов развития предприятий в макроэкономическом анализе используются системы связанных, нелинейных, дифференциальных уравнений для важных экономических параметров. В работе изучаются процессы в развивающихся, самоорганизующихся экономических системах в областях экономических катастроф с помощью трёхсекторной модели функционирования экономики и теорий катастроф и бифуркаций. Построены модели развивающихся экономических предприятий в конкурентной среде и при наличии инновационной деятельности в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений, которые анализируются по наилучшему совпадению данных, даваемых моделями с существующими динамическими рядами данных функционирования предприятий. Методами компьютерных технологий исследованы процессы стохастизации и появления новых структур в самоорганизующихся экономических системах. Рассмотрены регулярный, эволюционный и стохастический типы поведения экономических систем. Обсуждены оптимальные способы управления развитием предприятий с учётом инновационной деятельности и наличия конкуренции.

**Ключевые слова:** нелинейные синергетические модели, регулярные и стохастические сценарии развития, инновационная деятельность, конкуренция, управление

## FUNCTIONING MODELS OF THE MULTISECTOR ECONOMY ENTERPRISES

Lebedev V.I., Lebedeva I.V.

North Caucasian Federal University», Institute of information technologies and telecommunications, Stavropol, e-mail: victorlebedev2013@yandex.ru

Connected, nonlinear differential equations for the important economic parameters have been used at studying of dynamic developments of the enterprises in the macroeconomic analysis. We study the processes of developing, self-organizing economic systems in the areas of economic disasters using functioning multisession model of the economy with help of catastrophes and bifurcations theories. Models of emerging economic enterprises in a competitive environment and in the presence of innovation in the form of a system of nonlinear differential equations are analyzed. The best match of the data given by the models and of existing dynamic data series operation of enterprises is discussed. Methods of computer technology, the processes of the randomization and the emergence of new structures in the self-organizing economic systems are investigated. Regular, evolutionary and stochastic behaviors of economic systems are considered. By development of the enterprises optimum ways of management are discussed with the account of innovative activity and competition presence.

**Keywords:** nonlinear synergetic models, regular and stochastic scenarios of development, innovative activity, competitive environment, management

Структура рыночной экономики предполагает развитую систему взаимосвязанных рынков, охватывающих обеспечение производства товаров и услуг, элементы материального и денежного обращения, потребительского рынка, рынков технологий и духовных благ. В классической модели рыночная экономика представляется как система нескольких взаимодействующих рынков: рынка производства товаров, рынка трудовых ресурсов, финансового рынка и других. В равновесии каждый из рынков описывается кривыми спроса и предложения соответствующих продуктов, пересечения которых определяют точки динамического равновесия. Отклонения от равновесия любого из рынков считаются малыми и в моделях установления нового равновесия обсуждаются лишь качественно [1, 2].

Важнейшей сферой макроэкономики является производство, наполняющее рынки

товарной массой и определяющее формирование рыночных отношений. Между производством и потреблением товаров и услуг функционирует система распределения, определяемая сложившимися социальными отношениями в обществе. Детализация объектов рынков и связей делает возможным построение моделей социально-экономических процессов, что предоставляет исследователю возможность формализации теории процессов. Классическая модель рыночной экономики представляет макроэкономическую систему как взаимодействие трёх рынков: производства товаров, рынка трудовых ресурсов и финансового рынка [1, 2].

Моделирование социально-экономических процессов и объектов часто связывают с получением численных результатов, например в теории исследования операций, теории игр, в которых вводится целевая функция. Современный социально-эконо-

мический анализ не приводит к адекватному описанию сложных многопараметрических макроэкономических систем. Принцип оптимальности, широко используемый в большинстве математических работ по моделированию, эффективен не всегда, в силу отсутствия или сложности динамических экономических моделей неравновесных, открытых, самоорганизующихся систем. Такие проблемы, как автоколебания параметров, наличие у них быстрых изменений и скачков (катастроф), не описываются в моделях с использованием принципов оптимальности [2, 3].

Качественная феноменологическая теория социально-экономических процессов ставит своими целями нахождение простейших моделей, описывающих данные системы и процессы в них. Эти модели могут восстанавливаться по динамическим рядам параметров исследуемых систем в виде регрессионных моделей. В динамических моделях проводится математический анализ возможных сценариев их поведения с помощью существующих методов (бифуркационный анализ, теория катастроф) и выдача рекомендаций для оптимизации процессов. Задачи качественного анализа делают акцент на получении качественного результата, на исследовании характерных черт всего явления, на прогнозировании явления [2–6].

#### Синергетические модели экономических процессов

В синергетических моделях рыночной экономики полагается, что субъекты являются открытыми и неравновесными и обмениваются информацией. Обмен информацией и взаимодействие с окружением может приводить к понижению энтропии в системе, что ведёт к появлению новых равновесных состояний и структур, изменениям с образованием новых форм в организации системы. Наряду с эволюционным, медленным изменением иногда в системе возникает динамический хаос с последующей самоорганизацией новых оптимальных структур. Хаотическое поведение экономических параметров рынков вблизи точек экономических катастроф описывают в нелинейной динамике сложных систем странными аттракторами [2]. Аттракторы в дальнейшем развитии превращаются в другие формы самоорганизации: в циклические колебания экономических параметров, стремление фазовых траекторий систем в устойчивые или неустойчивые состояния типа узлов и фокусов. Математический анализ нелинейных моделей проводится с помощью существующих методов бифуркационного анализа и теории катастроф [2, 3].

Качественное исследование моделей состоит в изучении топологических структур, на которые разбивается фазовый портрет системы. Сущностный анализ состоит в сопоставлении неприводимых структур фазового портрета конкретным объектам и процессам, происходящим с ними, совместно с бифуркационным анализом стационарных точек [2]. При макроэкономическом анализе динамических процессов используют ряд связанных, нелинейных дифференциальных уравнений для экономических параметров. Отбор нелинейной математической модели функционирования предприятий может быть решён лишь с помощью анализа наилучшего совпадения прогнозов, даваемых моделями с наблюдаемыми динамическими рядами. Динамические ряды данных предприятий анализируются на стационарность и при наличии значительных девиаций дисперсии, поведение динамической системы должно описываться дифференциальными уравнениями. Необходимо проводить обработку рядов для нахождения коэффициентов дифференциальных уравнений, выбираемых как пробные математические модели системы [2].

Пусть рассматривается экономическая система, поведение которой описывается системой дифференциальных уравнений первого порядка

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = F(\vec{x}, \vec{c}) = -\frac{\partial U(\vec{x}, \vec{c})}{\partial \vec{x}}, \quad (1)$$

где вектор  $\vec{x}$  задает состояние динамической системы набором существенных переменных – «параметров порядка»;  $\vec{c}$  – вектор управляющих параметров;  $U$  – потенциал Тома [2], моделирующий характер поведения системы вблизи экономической катастрофы. Фазовая траектория такой системы стремится к единственному предельному состоянию, которым может быть замкнутая траектория, некоторая точка или многообразие – аттракторы. В процессе изменения потенциала  $U$  изменится как сама система, так и ее интегральные кривые в фазовом пространстве. Важно проследить за характером изменения стационарных особых точек потенциала  $U$ , которые называются *множеством катастроф*, в которых происходит существенное изменение поведения системы.

Если выделить существенные, медленно меняющиеся параметры модели, её параметра порядка (ПП)  $\eta$ , можно найти из (1) динамические уравнения, в которые войдут соответствующее ПП сопряжённые им поля  $h$ , а в уравнения для  $h$  войдут параметры внешних воздействий или управляющие параметры  $S$ , для которого можно получить

соответствующие уравнения [4]. Таким образом, простая математическая модель представляет собой дифференциальные уравнения для параметров порядка (ПП)  $\eta$ , сопряжённых им полей  $h$  и параметров внешних воздействий или управляющих параметров  $S$ :

$$\begin{aligned}\tau_\eta \dot{\eta} &= -\dot{\eta} + A_\eta \eta, \\ \tau_h \dot{h} &= -h + A_h \eta h, \\ \tau_s \dot{S} &= (S_e - S) - A_s \eta h.\end{aligned}\quad (2)$$

Здесь  $A_\eta$ ,  $A_h$ ,  $A_s$  – константы связи;  $S_e$  – стационарный управляющий параметр;  $\tau_\eta$ ,  $\tau_h$ ,  $\tau_s$  – времена релаксации параметров порядка, сопряжённых полей и управляющих параметров соответственно. В синергетике модель (2) называется моделью Лоренца, которая в наиболее простой и изученной форме описывает динамическое состояние хаоса. Этот аттрактор получил название аттрактор Лоренца и является наиболее изученной и популярной математической моделью, демонстрирующей поведение типа динамический хаос. Она же описывает и процесс самоорганизации систем из динамического хаоса при переходе в режим регулярного эволюционного поведения [2, 3].

Рассмотрим динамику систем в области катастроф в приближении стандартного синергетического подхода, учитывающего принцип соподчинения степеней свободы выделенным – ПП. В этом режиме выполняются следующие неравенства в иерархии времён релаксации:  $\tau_\eta \gg \tau_h, \tau_s$ , а временная зависимость сопряжённого поля и внешних параметров определяется изменением ПП:  $h(t) = h(\eta(t))$  и  $S(t) = S(\eta(t))$ . При выполнении принципа подчинения поведение системы описывается уравнениями (2), в которых внешнее поле и управляющий параметр выражены через ПП. Когда параметр внешнего воздействия  $S_e$  меньше критического значения  $S_c = (A_\eta A_h)^{1/2}$ , потенциал  $U(\eta)$  имеет минимум в точке  $\eta_0 = 0$  и упорядочения в системе не происходит. В закритической области при  $S_e > S_c$  в минимуме потенциала катастроф система имеет ненулевой ПП [2]

$$\eta_0 = \eta_m (S_e/S_c - 1)^{1/2}, \quad (3)$$

где  $\eta_m^{-2} = A_s A_h$  и стационарное значение ПП возрастает с критическим показателем  $1/2$  при закритическом значении безразмерного параметра внешнего воздействия до  $s = S_e/S_c > 1$ . В закритическом режиме образуется область точек, притягивающая фазовые траектории, к которой система движется быстро, но при попадании в неё движение замедляется. Указанное множество, называемое «руслom», и соответствует эволюционному поведению системы [3].

### Модели экономических предприятий с инновационной деятельностью

Исследуем влияние инновационной деятельности на динамику систем в области катастроф. Рассмотрим известную систему открытой трёхсекторной модели функционирования экономической системы, в которой учтём инновационную деятельность активной части работников и менеджеров предприятий в трёх секторах: производственном, характеризуемом выпуском продукции –  $x(t)$ , имеющим трудовые ресурсы –  $y(t)$ , располагающим финансовыми ресурсами –  $z(t)$  [4, 5]. Творческую активность по созданию новых инновационных технологий будем учитывать функцией  $m(t)$ , которая даёт удельную характеристику эффективного изменения способов производства. Такой вариант открытой трёхсекторной модели функционирования экономической системы описывается системой уравнений для основных параметров секторов:

$$\begin{aligned}\frac{\partial x}{\partial t} &= \alpha_1 m + \alpha_2 x m + \alpha_3 m^2 + \\ &+ \alpha_4 x m^2 - \alpha_5 x - \alpha_6 x^2 + \alpha_7 y; \\ \frac{\partial y}{\partial t} &= -\beta_1 y + \beta_2 x - \beta_3 x z;\end{aligned}\quad (4)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -\gamma_1 z + \gamma_2 x y;$$

$$\frac{dm}{dt} = \delta_1 x - \delta_2 m + \delta_3 x^2,$$

здесь  $\alpha_5 x$  и  $\alpha_6 x^2$  – непроизводственные расходы системы;  $\alpha_7 y$  – прирост валового продукта, связанный с производительностью труда;  $\beta_1 y$  – выбывание трудовых ресурсов в процессе производства;  $\beta_2 x$  – изменение трудовых ресурсов, связанное с ростом валового продукта;  $\beta_3 x z$  – вовлечение трудовых ресурсов в связи с инвестициями и дополнительным производством товаров;  $\gamma_1 z$  – доходы;  $\gamma_2 x y$  – доход системы, связанный с ростом производства и ресурсов. Параметр  $m(t)$ , характеризующий эффективность управления предприятием, связанную с внедрением инновационных способов производства, меняющийся в интервале  $0 < m < 1$  и определяемый относительным количеством принятых на предприятии инноваций, увеличивающими прибыль, описывается последним уравнением в системе (4). Члены системы:  $\alpha_4 x m^2$  – планирование затрат капитала на проведение научных и инженерных инноваций; коэффициент  $\alpha_2$  – эффективность инновационной деятельности;  $\alpha_2 x m$  – инновационные капитальные вложения в основные фонды.

В последнем уравнении системы (4) член  $\delta_1 x$  – отражает увеличение вариантов инновационных производств;  $\delta_2 m$  – уменьшение числа способов производства, оказавшихся неэффективными;  $\delta_3 x^2$  – влияние вложений капитала в инвестиции, приносящие прибыль. Коэффициенты  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1$  системы уравнений (4) определяют времена релаксации параметров  $x, y, z, m$  в режиме гладкой эволюции к квазиравновесным значениям для производственного, трудового и финансового рынков. Переход к безразмерным параметрам в системе уравнений (4) при определённых значениях коэффициентов системы уравнений приводит к модели Лоренца и решениям типа динамического хаотического поведения.

Рассмотрим механизмы, стабилизирующие хаотическое или неустойчивое поведение экономических систем. Рассмотрим случай, когда происходит быстрая релаксация степеней свободы параметров  $y$  и  $z$ , так что они входят в первое и последнее уравнения системы (4) своими квазиравновесными значениями. В этом случае имеем из (4)

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \alpha_1 m + \alpha_2 x m + \alpha_3 m^2 + \alpha_4 x m^2 - \alpha_5 x - \alpha_6 x^2;$$

$$\frac{dm}{dt} = \delta_1 x - \delta_2 m + \delta_3 x^2. \quad (5)$$

Имеются два стационарных ненулевых решения  $x_{1,2}$  системы уравнений (5). Исследуем фазовой диаграммы возможных структур коллективизированного поведения экономических систем. Бифуркационный анализ корней характеристического уравнения (5) показывает, что при

$$\alpha_5 \delta_2 > \alpha_1 \delta_1 \quad (6)$$

в укороченной модели (5) существует единственное положительное стационарное состояние равновесия  $x_1, m_1$ . При выполнении условий для коэффициентов системы (5)

$$\alpha_5 \delta_2 < \alpha_1 \delta_1, \quad \alpha_6 \delta_2^2 - \alpha_2 \delta_1 \delta_2 - \alpha_3 \delta_1 > 0 \quad (7)$$

в модели таких положений два. Коэффициенты характеристического уравнения  $\sigma, \mu$  для исследования корней системы (5), определяющих границы раздела на фазовой диаграмме неустойчивых решений типа седло, устойчивых и неустойчивых решений типа узел, седло и предельных циклов имеют вид

$$\sigma = \alpha_2 m + \alpha_4 m^2 - \alpha_5 - 2\alpha_6 m - \delta_2; \quad (8)$$

$$\mu = -\alpha_2 \delta_2 m - \alpha_4 \delta_2 m^2 + \alpha_3 \delta_2 + 2\alpha_6 \delta_2 x - \alpha_1 \delta_1 - \alpha_2 \delta_1 x - 2\alpha_3 \delta_1 m - 2\alpha_4 \delta_1 x m. \quad (9)$$

Исследование соотношения (8), (9) показывает, что первое положительное стац-

онарное состояние может быть устойчивым фокусом; устойчивым фокусом, который окружает неустойчивый предельный цикл; неустойчивым фокусом, вокруг которого есть единственный предельный цикл; неустойчивым фокусом без цикла. При  $\mu < 0$  все решения системы (5) – неустойчивые решения типа седло. Второе положительное состояние равновесия при выполнении условия (7) для  $\mu > 0$  всегда устойчиво и предельных циклов не имеет. Следовательно, параметры инновационной модели (5) дают возможность появления устойчивого эволюционного развития.

### Модели конкурентного рынка

Технический прогресс общества обеспечивается конкурентной борьбой предприятий с инновационной технологией, повышающей качество и производительность труда, с предприятиями, выпускающими продукцию с устаревшей технологией. На модели конкурентной борьбы возможно проследить этапы конкуренции и понять варианты возможных её исходов. Пусть  $x(t)$  – концентрация предприятий в момент времени  $t$ , выпускающих продукцию по устаревшей, но общепринятой технологии, а  $n(t)$  – концентрация предприятий, внедривших инновационные технологии. Система дифференциальных уравнений для скорости изменения числа этих предприятий при конкурентной борьбе имеет вид

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \alpha_1 x - \alpha_2 x n - \alpha_3 x^2 n - \alpha_4 x; \quad (10)$$

$$\frac{\partial n}{\partial t} = \beta_1 n + \beta_2 n^2 - \beta_3 x n - \beta_4 n, \quad (11)$$

здесь  $\alpha_1 x$  и  $\beta_1 n$  – естественный прирост числа фирм обоих типов со скоростями  $\alpha_1$  и  $\beta_1$ ; члены  $\alpha_4 x$  и  $\beta_4 n$  – естественное уменьшение количества предприятий; члены  $-\alpha_2 x n$  и  $-\beta_3 x n$  характеризуют уменьшение количества предприятий в результате их конкурентной борьбы; член  $-\alpha_3 x^2 n$  характеризует убыль фирм со старой технологией в результате их большой плотности при ограниченном спросе и в результате конкуренции между собой и с предприятиями, обновившими свои технологии; член  $\beta_2 n^2$  – нелинейный рост числа фирм, обеспеченный инновационными технологиями.

Рассмотрим начальный этап зарождения предприятий с новой технологией, когда они ввиду малочисленности не представляют серьёзную конкуренцию  $n \ll x$  и положим  $\alpha_2$  в правой части уравнения (10) равным нулю. Проведём анализ возможных решений системы уравнений (10), (11) с помощью характеристического уравнения.

В нашем приближении можно получить для коэффициентов квадратичного характеристического уравнения выражения

$$\sigma = -\alpha_3 x' n' + \beta_2 n'; \quad (12)$$

$$\Delta = \alpha_3 x' n' (\beta_3 x' - \beta_4 n'). \quad (13)$$

Здесь  $x'$  и  $n'$  – положения равновесия модели. При условии  $(\beta_3 x' - \beta_4 n') > 0$  реализуется фазовая траектория типа седло. Таким образом, наша модель стала неустойчивой, как только появилась хоть одна фирма, использующая инновационную технологию выпуска продукта. В модели есть бифуркация, связанная с членом  $\beta_2 n^2$ , которая приводит к исчезновению предприятий, использующих старые технологии.

### Заключение

Исследованы кооперативные явления в системах взаимодействующих, рыночных предприятий, эволюционирующих естественным образом в условиях рыночной экономики. Рассмотрены регулярный и стохастический типы поведения экономических систем. Обсуждены оптимальные способы управления развитием экономических систем и показаны возможности исключения катастрофических ситуаций.

### Список литературы

1. Колемаев В.А. Математическая экономика: монография. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 240 с.
2. Лебедев В.И. Математические модели синергетической экономики: монография / В.И. Лебедев, И.В. Лебедева – Ставрополь: СевКавГТУ, СТИС (филиал) ЮРГУЭС, 2011. – 221 с.
3. Лебедев В.И. Модели синергетической экономики: монография / В.И. Лебедев, И.В. Лебедева. – Saarbrücken, Deutschland: Palmarium academic publishing, 2014. – 220 p.

4. Лебедев В.И. Трёхсекторная модель функционирования экономических систем / В.И. Лебедев, И.В. Лебедева // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – Ставрополь, 2012. – № 4(33). – С. 21–24.

5. Лебедева И.В., Математические модели функционирования предприятий, участвующих в инновационной деятельности / И.В. Лебедева, В.И. Лебедев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – Ставрополь, 2013. – № 6(39). – С. 15–18.

6. Мараховский А.С., Математическое моделирование оптимального управления в социально-экономических системах / Мараховский А.С., Ширяева Н.В. Таточенко Т.В. // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – Ставрополь, 2014. – № 2(41). – С. 274–279.

### References

1. Kolemaev V.A., *Matematicheskaja ekonomika* (Mathematical economy), M.: YUNITI, 1998. 240 p.
2. Lebedev V. I., Lebedeva I. V. *Matematicheskie modeli sinergeticheskoy ekonomiki* (Mathematical models of synergetic economy) Stavropol : NCSTU, 2011. 221 p.
3. Lebedev V. I., Lebedeva I. V. *Modeli sinergeticheskoy ekonomiki* (Models of synergetic economy) Saarbrücken, Deutschland: Palmarium academic publishing, 2014. 220 p.
4. Lebedev V.I., Lebedeva I.V., *Vestnik. SCFU*, 2013. no. 4(33). pp. 21–24.
5. Lebedeva I.V., Lebedev V.I., *Vestnik.SCFU*, 2013. no. 6(39). pp. 15–18.
6. Marahovsky A.S., Shiryayeva N.V., Tatochenko T.V., *Vestnik.SCFU*, 2014. no. 2(41). pp. 274 279.

### Рецензенты:

Торопцев Е.Л., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой математического анализа, Институт математики и естественных наук, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь;

Мараховский А.С., д.э.н., профессор кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности, Институт информационных технологий и телекоммуникаций, Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь.

УДК 338.27-021.364

## СИНЕРГЕТИКА КАК СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Лисичкина Н.В., Голоктионова Ю.Г.

*ФГБОУ ВПО «Орловский государственный институт экономики и торговли»,  
Орел, e-mail: natalyorel@hotmail.com*

Современная эволюционная экономика рассматривает развитие социально-экономических систем как открытый и необратимый процесс, испытывающий постоянные воздействия различных факторов внешней среды и реагирующий на них. С точки зрения подобного подхода проблема достоверного прогнозирования динамики развития социально-экономических систем представляется практически неразрешимой. В данной статье авторы фокусируют внимание на поиске аналогий между закономерностями развития социально-экономических систем и принципами функционирования сложноорганизованных систем, изучаемых в других областях науки. Использование синергетического подхода позволяет не только учитывать вероятность наступления хаотизированного состояния системы под воздействием множества разнонаправленных факторов внешней среды, но и преодолеть внутреннюю неустойчивость системы, нарастающую по мере ее усложнения. Для решения этой задачи активно применяется математический аппарат, модели и аналогии из других областей научного знания.

**Ключевые слова:** инновации, синергетика, эволюционная экономика, институционально-синергетический подход

## SYNERGETICS AS A WAY TO SOLVE THE PROBLEM OF FORECASTING COMPLEX SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS DEVELOPMENT

Lisichkina N.V., Goloktionova Y.G.

*Oryol State Institute of Economy and Trade, Oryol, e-mail: natalyorel@hotmail.com*

Modern evolutionary economics examines the development of socio-economic systems as open and irreversible process, under constant exposure to various environmental factors and react to them. In terms of this approach, the problem of a reliable prediction of the dynamics of socio-economic systems is almost impossible. In this article, the authors focus their attention on finding analogies between the laws of socio-economic systems and the principles of the functioning of complex systems studied in other areas of science. Use of a synergistic approach allows not only to take into account the likelihood of a randomized system state under the influence of a plurality of countervailing factors of the environment, but also to overcome the internal instability of the system increases as its complications. To solve this problem actively used mathematical apparatus, models and analogies from other areas of scientific knowledge.

**Keywords:** innovation, synergetics, evolutionary economics, institutional and synergetic approach

В условиях эволюционной экономики проявляется ограниченность традиционных методов оценки состояния и развития предприятий, поэтому разработка принципиально новых инструментов и методов прогнозирования изменений состояния экономики, как на микро-, так и на макроуровне приобретает особую остроту. Эволюционная теория рассматривает экономическую систему в динамике, непосредственно в процессе развития, т.е. такой, какая она реально существует, без значительного количества упрощений и допущений. Отличительная особенность эволюционного подхода к исследованию социально-экономических систем заключается в том, что он позволяет рассматривать изучаемые системы не как механизмы, а как организмы, последовательно проходящие в своем жизненном цикле сменяющие друг друга этапы становления, развития, упадка и гибели и развивающиеся по законам эволюции, по законам

самоорганизации сложных систем. При этом экономическая эволюция понимается прежде всего как процесс формирования и изменения экономических институтов [3]. Выделение экономического института как структурообразующей единицы при анализе хозяйственной системы позволяет перейти к рассмотрению механизма экономической динамики и поставить вопрос о самоорганизации экономики как сложной социальной системы [5].

Эволюционный подход, достаточно успешно применяется при изучении институциональных преобразований, а также при оценке и прогнозировании инновационных процессов в экономике, как на макро-, так и на микроуровне. При использовании эволюционного подхода следует помнить, что на разных стадиях своей эволюции экономическая система обладает различной чувствительностью и уязвимостью к внешним воздействиям. Наиболее опасны преднамеренные

внешние воздействия в кризисные периоды, когда система в значительной степени хаотизирована. Тем более что она состоит из активных субъектов, осуществляющих целенаправленные действия в соответствии с принимаемыми ими решениями и способных к рефлексии по поводу своих действий и действий других субъектов. Потенциальная склонность реальных экономических субъектов к изменению стратегии и тактики своей инвестиционной деятельности на основе рефлексии без жесткой привязки к изменению внешних условий делает экономические системы внутренне неустойчивыми.

Неустойчивость усугубляется тем, что субъекты преследуют, как правило, несопадающие, а часто и прямо противоположные цели. Сильная неустойчивость сложных экономических систем приводит к тому, что согласованное взаимодействие субъектов возможно лишь при четко налаженном управлении (самоуправлении), причем интенсивность управляющих воздействий должна превышать определенный порог синхронизации. В противном случае управляемость теряется и система распадается.

Наличие внутренних неустойчивостей обуславливает существование принципиальных ограничений на временной интервал достоверного прогноза динамики хаотических экономических процессов (так называемый горизонт предсказуемости) и, соответственно, ограничивает возможности прогнозирования реальных денежных потоков, что является необходимым условием применения любого из рассмотренных ранее методов оценки инвестиций. Тем не менее значение прогноза как инструмента управления с усложнением системы не уменьшается, а возрастает [5]. Предвидение вероятности наступления хаоса и последующее предотвращение его негативных последствий – одна из главных задач организационного регулирования инвестиционными процессами в экономике.

Установив динамику соотношения указанных параметров, субъект инвестиционного процесса может определить наступление хаоса и вовремя принять оптимальные решения для предупреждения негативных последствий кризисных явлений в инвестиционной сфере. Таким образом, использование синергетического подхода позволяет выбрать оптимальную стратегию развития инвестиционной сферы и определить наиболее эффективные методы и способы воздействия на экономические процессы.

С точки зрения синергетики эволюционные изменения происходят за счёт сил внутреннего взаимодействия, под воздействием внутренних стимулов, не требуя вмеша-

тельства внешних факторов, не принадлежащих системе. Таким образом, эволюция любой сложной системы, в том числе и инвестиционная деятельность промышленного предприятия, фактически представляет собой процесс самоорганизации.

С точки зрения классической науки, при отсутствии целенаправленного воздействия (экзогенного или эндогенного характера) развитие замкнутой системы (предприятия) должно сопровождаться ростом энтропии, то есть вектор движения будет направлен на достижение состояния полного равновесия (под которым понимается абсолютный хаос). Однако на практике, взаимодействие между элементами сложной системы приводит к их автоматическому структурированию, что представляется необъяснимым с позиции классической теории энтропии.

С точки зрения синергетики, функционирование экономических субъектов (промышленных и других предприятий, регионов, государств), как и развитие любой сложноорганизованной эволюционирующей системы, необходимо рассматривать с учетом временного фактора, то есть синергетическая экономика представляет собой часть теории экономической динамики. В рамках традиционного подхода для описания динамики экономических процессов разработано достаточно большое количество разных теорий (например, теория деловых циклов, теория экономического роста) и множество аналитических методов и приемов.

Синергетическая экономика обобщает и систематизирует опыт, накопленный последователями традиционной теории экономической динамики, пытаясь взглянуть по-новому на эволюционные процессы, происходящие в экономике, и объяснить наблюдаемые в реальной жизни явления и закономерности, которые традиционная теория игнорирует.

Невозможно отрицать, что в рамках традиционной экономики достаточно полно изучены и описаны такие экономические категории, как конкуренция, кооперация и рациональное поведение экономических объектов, которые играют важную роль и в теории синергетической экономики. Однако синергетика рассматривает эти, фундаментальные для традиционной экономики понятия, как частные случаи, фокусируясь на тех аспектах экономической динамики, которые не затрагиваются традиционной экономикой. Для описания основ синергетики обычно используют такие характеристики, как нелинейность, когерентность, открытость, которые являются необходимыми для самоорганизации системы.

Нелинейность системы может проявляться различным образом. Порядковая нелинейность подразумевает нарушение одномерной упорядоченности, то есть выход в многомерное пространство. Качественный аспект нелинейности проявляется в таких феноменах самоорганизации предприятия, как неоднозначность, неустойчивость, необратимость. Появление неожиданных, скачкообразных качественных изменений развивающейся сложноорганизованной системы синергетика рассматривает как закономерность эволюционного процесса, а не исключительное событие. Бифуркационный кризис, пороговый эффект, странные аттракторы входят в научную терминологию как паттерны нелинейной динамики. Более того, освобождение исследователя от общепринятого в традиционной науке детерминизма приводит к отказу от попытки описания эволюционного, по своей сути, инвестиционного процесса в терминах отдельных траекторий.

Когерентность (от лат. *cohaerentia* – внутренняя связь, взаимная связанность) – это термин, заимствованный из волновой физики, где он означает согласованное протекание колебательных процессов. Например, колебания когерентны, если разность их фаз остаётся постоянной. В результате когерентности сложение большого числа малых величин даёт мощный (лазерный) эффект. В синергетике понятие когерентности трактуется шире, обозначая согласованность взаимодействия элементов, которая проявляется в масштабе всей системы. При этом согласование может осуществляться не обязательно через фазы колебаний, а через любые корреляции. Согласованное взаимодействие, порождающее макроэффекты, является центральным звеном самоорганизации, так как механизм резонанса, иными словами, кооперация отдельных частей системы, приводящая в результате к возникновению нового качества, характеризуемого параметром порядка – это основа возникновения синергетики.

Открытость внешнему миру, с которым происходит неконтролируемый обмен веществом (ресурсами), энергией и информацией, может иметь место в пространстве, времени и масштабе. Таким образом, концепция открытости подразумевает в качестве основного параметра свободное самоопределение системы, возможность экономических субъектов самостоятельно выбирать траекторию развития и совершать целенаправленные действия в соответствии с личными стратегическими и тактическими предпочтениями, которые не всегда бывают рациональными.

Синергетика позволила по-новому взглянуть на такие общенаучные категории, как порядок и хаос. В современном представлении хаос – беспорядочное, бесформенное, неопределённое состояние вещей, так что антитезой хаосу обычно является порядок. Хаос характеризуется такими понятиями, как отсутствие регулярности, структуры, неустойчивость, стихийность; а порядок определяется через структурность, устойчивость, организованность.

Традиционный подход рассматривает хаос исключительно как негативную категорию, то есть основной целью любого направленного вмешательства в естественные, социальные или экономические процессы является минимизация хаоса. Однако синергетика как раз раскрывает позитивную роль хаоса. В реальной действительности жизнь течёт неравномерно: спокойные периоды сменяются напряжёнными критическими состояниями, когда необходимо принять решение, каким будет дальнейший путь. В такие моменты определяющую роль играет не порядок, а хаос. Без этой неупорядоченной, неконтролируемой, случайной компоненты невозможны никакие качественные изменения, переход системы в существенно новые состояния [9].

Для математического описания хаотических (катастрофических) состояний в синергетике применяется понятие бифуркации (раздвоения). В точках бифуркации (или полифуркации, если альтернативных возможностей более двух) траектория возможного развития системы разветвляется. Между нарушением устойчивости и бифуркацией существует тесная связь. Изменение качественных свойств обычно нарушает устойчивость исходной системы, и, следовательно, в этом случае система должна обладать еще каким-то состоянием, отличным от исходного. Значения параметров, при которых имеют место такие качественные изменения, обычно называются бифуркационными характеристиками системы.

Появляющиеся при этом альтернативы (аттракторы) для системы равнозначны и выбор ветви (пути дальнейшего развития) зависит от случайных флуктуаций, от факторов локального масштаба. Через малые блуждания система спонтанно попадает в область притяжения одной из возможных траекторий дальнейшего движения. Хаос сначала обеспечивает возможность схода системы с прежней траектории при потере устойчивости в зоне кризиса, а затем помогает подключиться к новому аттрактору, вызывая помехи на этом пути. Именно в этом проявляется конструктивная роль хаоса. Синергетическая экономика показывает,

что хаос лежит в природе любой эволюционирующей экономической системы. Факт существования хаоса означает, что точные экономические предсказания – вещь почти невозможная [2].

Синергетическая экономика дала новое понимание того, какое влияние на экономическую эволюцию оказывают стохастические процессы. Было показано, что если динамическая система устойчива, влиянием шума с нулевыми средними в экономическом анализе можно пренебречь. На качественные выводы анализа такое упрощение влияния не окажет, так что преобладающая в традиционной экономике точка зрения на малые флуктуации верна лишь при заведомой устойчивости системы. Однако если система неустойчива, анализ влияния шума становится очень сложным. Малые флуктуации могут стать причиной существенных перемен в поведении динамической системы.

Построенные с учетом теории самоорганизации динамические математические модели, использовавшиеся сначала для моделирования физических, а затем и биологических процессов, имеют много общего, хотя и сохраняют специфические особенности каждой из этих наук. Сейчас модели этого класса все шире применяются в социологии и экономике, особенно при описании и прогнозировании инвестиционных процессов, которые по своей природе отличаются неустойчивостью и высокой степенью зависимости от случайных (непрогнозируемых) изменений внешней и внутренней среды [8].

Одна из главных проблем, возникающих при моделировании инвестиционных процессов, заключается том, что на динамику микро- и макроэкономических показателей могут оказывать воздействие множество различных переменных, причем в большинстве случаев невозможно предсказать заранее, какие именно параметры будут определять развитие системы. В целом в экономике принято считать, что даже если механизм поведения каждой фирмы (субъекта рынка) на микроуровне является неопределенным и непредсказуемым, поведение системы в макросреде может быть описано с помощью обобщенных (усредненных) переменных, что позволяет его анализировать и прогнозировать с достаточной степенью достоверности [1].

Любая математическая модель в той или иной степени упрощает реальную ситуацию, допуская, что какими-то второстепенными эффектами (переменными) можно пренебречь. Экономическая модель инвестиционного процесса, учитывающая влияние стохастических воздействий, должна

учитывать степень, с которой экзогенные силы могут повлиять на конечные результаты моделирования. Если результаты моделирования решающим образом зависят от экзогенных стохастических сил и в незначительной степени испытывают влияние взаимодействия экономических переменных, то с научной точки зрения модель не представляет интереса.

С другой стороны, если учет стохастических эффектов не оказывает заметного влияния на качественные результаты, то с точки зрения традиционного подхода, стохастические факторы могут быть проигнорированы. Однако в синергетике подразумевается, что случайные флуктуации могут играть решающую роль в развитии предприятия, даже если само развитие определяется детерминированными механизмами. Эволюция зависит от причин, предсказать которые с абсолютной точностью невозможно, поэтому влиянием флуктуаций на детерминированное развитие пренебрегать нельзя в любой ситуации, особенно если детерминированные уравнения рассматриваются вблизи критических точек.

Таким образом, синергетическая экономика рассматривает процесс развития сложных социально-экономических систем (предприятия, отрасли, государства) как взаимодействие линейной и нелинейной, устойчивости и неустойчивости, непрерывности и разрыва, постоянства и структурных перемен в противовес свойствам чистой линейности, устойчивости, непрерывности и постоянства. Нелинейность и неустойчивость в синергетической экономике представляются основными источниками разнообразия и сложности экономической динамики, а не причинами появления шумов и случайных явлений, как это принято в традиционной экономической науке.

Согласно концепции синергетической экономики, нелинейная динамическая кооперация и конкуренция между участниками могут привести к хаотическим явлениям, которые находятся за пределами возможностей нашего предвидения. С другой стороны, из стабильности вытекает необходимость. В постоянно устойчивом обществе люди редко могут надеяться на удачу – в обществе нет перемен, а это означает, что социальное развитие идет по детерминированному пути, однако и в таком обществе все же имеется группа людей, не теряющих надежду найти принципиально новый путь развития – это именно тот важнейший фактор, который приводит к появлению инноваций в экономике.

С точки зрения синергетической экономики эволюционной экономической систе-

мы, которая всегда была бы устойчива, не существует. Эволюционная система всегда подвержена трансформирующим воздействиям внешних и внутренних сил. Когда предприятие проходит через некоторые критические значения внешних параметров (дисфункциональность), в нем могут возникнуть внезапные изменения структуры или хаос. Неустойчивость невозможно предотвратить с помощью чисто конкурентного механизма, однако именно в конкурентной среде возникает положительная мотивация для внедрения инновационных инвестиций и повышения эффективности производства.

Этот подход, характерный для синергетической экономики, перекликается с теорией Шумпетера [7]. Все усилия, направленные на получение прибыли, делают систему в целом неустойчивой. Выделить в явном виде причинную связь между неустойчивостью инвестиционной среды и действиями отдельных инвесторов невозможно [6]. Однако именно благодаря сложному взаимодействию между неустойчивостью и целенаправленными действиями отдельных лиц (предприятий) экономическая система всегда пребывает в движении (эволюционирует), что делает возможным само ее существование.

#### Список литературы

1. Голоктионова Ю.Г., Комиссарова Е.А., Лисичкина Н.В. Системный анализ и проблемы принятия решений. // Вестник ОрелГИЭТ. – 2013. – № 1 (23). – С. 107–115
2. Занг В.Б. Синергетическая экономика. Время и переменны в нелинейной экономической теории: пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 335 с.
3. Институциональная экономика: новая институциональная экономическая теория: учебник. / под общ. ред. д.э.н., проф. А.А. Аузана. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 416 с.
4. Норт Д. Институциональные изменения: рамки анализа. // Вопросы экономики. – 1997. – № 63. – С. 6–17.
5. Сопин В.С. Эволюционная теория в экономической науке: проблемы и перспективы // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 3(31). – Режим доступа: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2687>.

6. Шманев С.В., Егорова Т.Н. Институциональные преобразования и их влияние на экономическое развитие // Транспортное дело России. – 2013. – № 4(107). – С. 20.

7. Шумпетер Й.А. История экономического анализа. Т. 3. X.; пер. с англ. / под ред. В. С. Автономова. – СПб.: Издательство: Экономическая школа, Санкт-Петербургский университет экономики и финансов, Высшая школа экономики., 2004. – 675 с.

8. Lisichkina N.V. Synergetics-institutional approach to the prediction of commerce in Russia. // Trends in der Entwicklung moderner Handelsinfrastruktur (8–12 November, 2010). – Hanover, 2010. – P. 44–45.

9. Shmanev S.V. Chaotische prozesse der innovativen tätigkeit eines industriebetriebs // EURO-eco Hannover 2013. – 28–29 November 2013. Das international symposium «Okologische, technologische und rechtliche aspekte der lebensversorgung». – P. 72.

#### References

1. Goloktionova J.G., Komissarova E.A., Lisichkina N.V. *OryolGIET bulletin*, 2013, no. 1 (23), pp. 107–115.
2. Zhang W.-B. *Synergetic Economics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
3. *Institutional economics: a new institutional economic theory*. Moscow, INFRA-M Publ., 2007. 416 p.
4. Nort D. *Voprosy ekonomiki*, 1997, no.63, pp. 6–17.
5. Sopin V.S. *Problemy sovremennoy ekonomiki*, 2009. no.3(31), available at: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2687>.
6. Shmanev S.V., Egorova T.N. *Transportnoedelo Rossii*, 2013, no. 4(107), pp. 20.
7. Schumpeter J.A. *History of Economic Analysis*, 1954.
8. Lisichkina N.V. *Trends in der Entwicklung moderner Handelsinfra struktur (8–12 November, 2010)*. Hanover, 2010, pp. 44–45.
9. Shmanev S.V. *EUROeco Hannover 2013. 28–29 November 2013. Das international symposium «Okologische, technologische und rechtliche aspekte der lebensversorgung»*. pp. 72.

#### Рецензенты:

Сибирская Е.В., д.э.н., профессор, зав. кафедрой товароведения, сервиса и торговой инфраструктуры, ФГБОУ ВПО «Орловский государственный университет», г. Орел;

Паршутина И.Г., д.э.н., профессор, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВПО «Орловский государственный институт экономики и торговли», г. Орел.

УДК 338.001.36

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ МАЛОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 2011–2013 ГГ.

Минин Д.Л.

*Филиал Санкт-Петербургского государственного экономического университета,  
Великий Новгород, e-mail: dmitryminin@mail.ru*

В данной статье приводится анализ динамики развития основных показателей деятельности малого предпринимательства Новгородской области за 2011–2013 годы. Детально представлена взаимосвязь данных по развитию субъектов малого бизнеса с показателями предпринимательских структур других областей Северо-Западного федерального округа. Рассматривается динамика развития малого предпринимательства в контексте количества малых предприятий на сто тысяч жителей, среднесписочная численность работников, анализируются объемы оборота на малых предприятиях, а также объемы инвестиций в основной капитал. Проводится анализ в контексте развития малого бизнеса в среднем по Российской Федерации, Северо-Западному федеральному округу (СЗФО), Ленинградской, Новгородской и Псковской областям. На основании проведенного анализа выявлены основные тенденции развития субъектов малого предпринимательства Новгородской области.

**Ключевые слова:** анализ, область, регион, предпринимательство, динамика развития малого бизнеса, инвестиции в малый бизнес

## THE ANALYSIS OF DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF SMALL ENTERPRISE IN THE NOVGOROD REGION FOR 2011–2013

Minin D.L.

*Branch of St. Petersburg State Economic University, Veliky Novgorod, e-mail: dmitryminin@mail.ru*

This article provides an analysis of the dynamics of the basic indicators of activity of small business Novgorod oblast for 2011–2013. Detailed data on the relationship development of subjects of small business indicators business structures of other regions of the northwestern Federal district. Discusses the dynamics of development of small entrepreneurship in the context of the number of small businesses per hundred thousand inhabitants, the average number of employees, analysed the turnover of small businesses, as well as the volume of investments in fixed capital. The analysis in the context of development of small business in the Russian Federation the northwestern Federal district (NWFD), Leningrad, Novgorod and Pskov regions. On the basis of the analysis revealed the main trends of development of small enterprises of the Novgorod region.

**Keywords:** analysis, region, region, enterprise, dynamics of small business development, investment in small business

В настоящее время все более актуальными становятся вопросы развития малого предпринимательства, как одного из приоритетных направлений экономической политики страны. Наибольший интерес представляет рассмотрение указанного вопроса в контексте конкретных областей, субъектов Российской Федерации [2].

Рассмотрим, как изменялась динамика развития малого предпринимательства в Новгородской области за 2011–2013 гг. на основе сводной таблицы (табл. 1) по данным Национального института системных исследований проблем предпринимательства [5].

По данным основным критериям более подробно охарактеризуем основные показатели, характеризующие развитие малого бизнеса в Новгородской области (табл. 2).

Количество малых предприятий на 100 тыс. жителей за период 2011–2013 гг. характеризуется ростом с 2011–2012, спадом с 2012–2013 гг. В свою очередь в 2012 и 2013 гг. рассматриваемый показатель составил 1132 и 238,5 ед., соответственно, по сравнению с 2011 г., что также характеризует

динамичную тенденцию роста. Темп составил в 2012 и 2013 гг. 586,22 и 123,5% соответственно к уровню 2011 г.

Из рассчитанных данных темпа прироста следует, что в 2013 г. наблюдалось значительное снижение количества малых предприятий на 100 тыс. жителей на 462,72%. Следовательно, показатель количества малых предприятий на 100 тыс. жителей в Новгородской области на протяжении периода 2011–2013 гг. имел отрицательную динамику в среднем 45 единиц.

Темп роста среднесписочной численности работников малых предприятий составил в 2012 г. 133,23% к уровню 2011 г., в 2013 г. – 369,84% к уровню 2012 г. Из рассчитанных данных темпа прироста следует, что в 2012 г. наблюдалось повышение среднесписочной численности работников малых предприятий на 236,61% к 2013 г.

Среднесписочная численность работников малых предприятий в Новгородской области испытывала значительный рост в период 2011–2013 гг. и являлась относительно устойчивой.

**Таблица 1**

Динамика развития малого предпринимательства в России и отдельных областях Северо-Западного федерального округа в 2011–2013 гг.

Год	Субъект	Показатель				
		Количество малых предприятий на 100 тыс. жителей на 1 января, ед.	Среднесписочная численность работников малых предприятий, тыс. чел.	Доля занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых, %	Объем оборота малых предприятий, млн руб.	Инвестиции в основной капитал на малых предприятиях, млн руб.
2013	РФ	144,9	84,8	12,6	10933732,0	246518,1
	СЗФО	236,9	730,4	14,5	1286249,7	11851,7
	Ленинградская обл.	133,3	58,5	15,2	98546,6	1354,9
	Новгородская обл.	238,5	170,5	18,5	40504,7	386,8
	Псковская обл.	101,3	12,8	13,7	37975,6	1468,6
2012	РФ	1285,4	10481,1	22,6	23465937,2	521545,0
	СЗФО	2369,8	1248,3	24,6	2531035,8	27567,5
	Ленинградская обл.	850,9	119,9	22,9	183998,0	2202,1
	Новгородская обл.	1132,0	46,1	20,5	71014,2	2672,2
	Псковская обл.	925,9	56,9	26,1	72641,3	8950,8
2011	РФ	161,8	5788,3	12,5	8784855,1	172381,3
	СЗФО	263,3	697,0	13,7	1018334,8	7413,4
	Ленинградская обл.	163,6	56,8	10,6	97371,6	572,6
	Новгородская обл.	193,1	34,6	15,3	31580,5	1382,9
	Псковская обл.	185,9	29,2	13,7	27127,1	243,1

**Таблица 2**

Динамика развития малого предпринимательства в Новгородской области за 2011–2013 гг.

Год	Показатель	Абсолютный прирост		Темп роста, %		Темп прироста, %	
		с предыдущим годом	2011 г.	с предыдущим годом	2011 г.	с предыдущим годом	2011 г.
Количество малых предприятий на 100 тыс. жителей, ед.							
2011	193,1	–	–	–	–	–	0,0
2012	1132,0	938,9	938,9	586,22	586,22	486,22	486,22
2013	238,5	–893,5	45,4	21,06	123,5	–78,94	23,5
Среднесписочная численность работников малых предприятий, тыс. чел.							
2011	34,6	–	–	–	–	–	0,0
2012	46,1	11,5	11,5	133,23	133,23	33,23	33,23
2013	170,5	124,4	135,9	369,84	492,77	269,84	392,77
Доля занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых, %							
2011	15,3	–	–	–	–	–	0,0
2012	20,5	5,2	5,2	133,98	133,98	33,98	33,98
2013	18,5	–2	3,2	90,24	120,91	–9,76	20,91
Объем оборота малых предприятий, млн руб.							
2011	31580,5	–	–	–	–	–	0,0
2012	71014,2	39433,7	3943,7	224,86	224,86	124,86	124,86
2013	40504,7	–30509,5	8924,2	57,03	128,25	–42,96	28,25
Инвестиции в основной капитал на малых предприятиях, млн руб.							
2011	1382,9	–	–	–	–	–	0,0
2012	2672,2	1289,3	1289,3	193,23	193,23	193,23	93,23
2013	386,8	–2285,4	–996,1	14,47	27,97	–85,52	–72,02

Доля занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых в 2012 г. увеличилась на 5,2% по сравнению с 2011 г., а в 2012 и 2013 гг. наблюдалось незначительное снижение показателя, который составил 20,5% и 18,5% соответственно.

Темп роста доли занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых существенно изменился: в 2012 и 2013 гг. темп роста по показателю составил 133,98 и 90,24% соответственно.

Следовательно, в изменении доли занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых в Новгородской области наблюдалось значительное колебание в период 2011–2013 гг.

Объём оборота малых предприятий существенно снизился в 2012 и 2013 гг.; снижение показателя составило 71014,4 млн руб. и 40504,7 млн руб. к значениям 2011 г., то есть самый высокий показатель объёма оборота малых предприятий приходился на 2012 г. Таким образом, несмотря на невысокие темпы роста, имеет место тенденция к сокращению разрыва в величинах объёма оборота малых предприятий после их резкого падения в 2013 г.

Из рассчитанных данных темпа прироста следует, что в 2013 г. наблюдалось снижение объёма оборота малых предприятий на 96,61% по сравнению с 2012 г., к 2011 г. соответственно.

Следовательно, показатель объёма оборота малых предприятий в Новгородской области имел отрицательную динамику развития в 2011–2013 гг.

Инвестиции в основной капитал на малых предприятиях в 2012 и 2013 гг. снизились на 2285,4 млн соответственно. Темп роста инвестиций в основной капитал составил в 2012 и 2013 гг. 193,23 и 27,97% к уровню 2011 г. соответственно.

Из рассчитанных данных темпа прироста следует, что в 2013 г. наблюдался значительный спад инвестиций в основной капитал на малых предприятиях, который составил –85,52% по сравнению с 2012 г., 193,23%.

Следовательно, динамика инвестиций в основной капитал на малых предприятиях Новгородской области в период 2011–2013 гг. характеризовалась чередованием резких подъёмов и спадов, то есть отличалась высокой нестабильностью.

В целом динамика развития малого предпринимательства области за 2011–2013 гг. определялась как стабильными, так и неустойчивыми характеристиками показателей, имеющими как положительные, так и отрицательные значения, в т.ч. падение объёма оборота малых предприятий; инвестиций в основной капитал за ряд лет [3].

Для комплексной оценки развития малого предпринимательства в Новгородской области рассмотрим её положение относительно других субъектов, например Российской Федерации, Северо-Западного Федерального Округа, Ленинградской и Псковской областей по каждому из пяти характеризующих развитие малого бизнеса показателей за 2011–2013 гг.

Количество малых предприятий на 100 тыс. жителей в Новгородской области в 2011 г. было больше, чем в Псковской области на 7,2 ед., а также больше, чем в Ленинградской, на 29,5 ед. По сравнению с Северо-Западным ФО Новгородская область уступает на 70,2 ед., Российская Федерация уступает Новгородской области на 31,3 ед.. В 2012 г. по рассматриваемому показателю результат Новгородской области (1132,0 ед.) был лучше, чем у Ленинградской и Псковской областей (на 206,1 ед.), РФ больше на 153,4 ед. соответственно, но хуже, чем у Северо-Западного ФО, на 1237,8 ед. В 2012–2013 гг. Новгородская область, понизила свой результат на 893,5 ед. (рис. 1).

Следовательно, можно сделать вывод, что за период 2011–2013 гг. Новгородская область демонстрировала динамическую тенденцию количества малых предприятий на 100 тыс. жителей, соперничая со значениями показателей как своих соседей, Ленинградской и Псковской областей, так и со значением по России в целом, уступая только Северо-Западному ФО.

Оценим долю занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых (рис. 2).

По доле занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых в 2011 г. Новгородская область с результатом 15,3% незначительно уступала лишь Северо-Западному ФО на 13,7%, обогнав Ленинградскую и Псковскую области, а также РФ на 4,7 и 1,6%, а также на 2,8% соответственно. С 2011 по 2013 гг. Новгородская область опережала по рассматриваемому показателю как своих соседей, Ленинградскую и Псковскую области, так и Северо-Западный ФО и Россию.

В целом можно сделать вывод, что за период 2011–2013 гг. доля занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых в Новгородской области являлась относительно стабильной величиной. По данному показателю область демонстрировала устойчивое лидерство.

Оценим инвестиции в основной капитал на малых предприятиях в соответствии с выбранными направлениями и субъектами анализа.

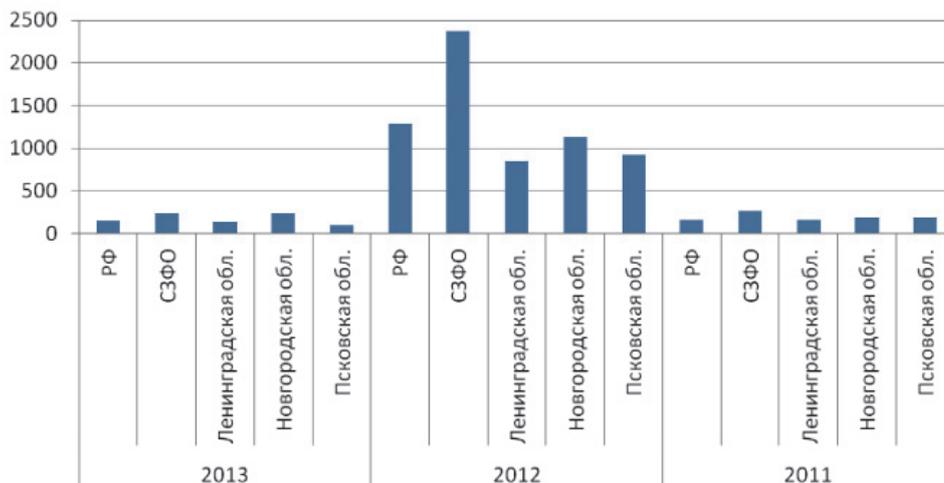


Рис. 1. Количество малых предприятий на 100 тыс. жителей в ряде регионов СЗФО за 2011–2013 гг.

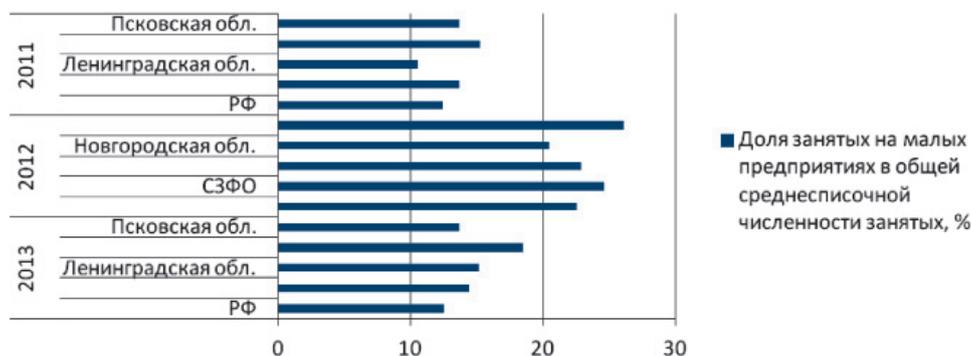


Рис. 2. Доля занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых, % за 2011–2013 гг.

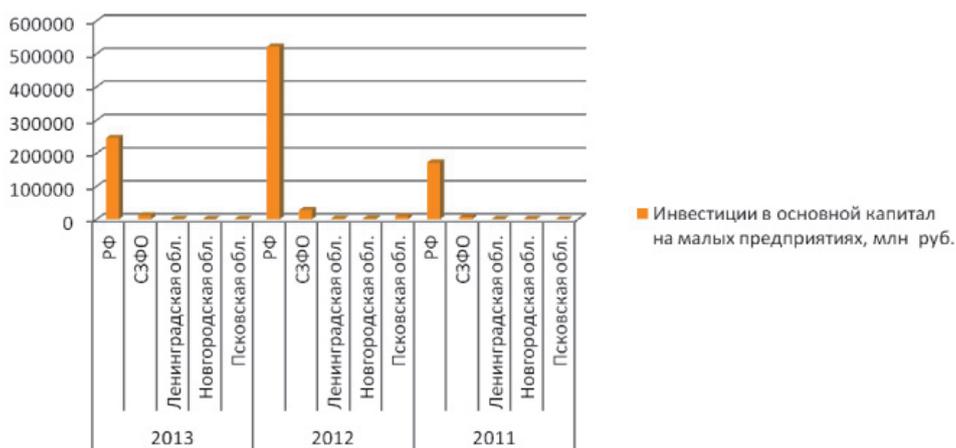


Рис. 3. Инвестиции в основной капитал на малых предприятиях в Новгородской области за 2011–2013 гг., млн руб.

Инвестиции в основной капитал на малых предприятиях в Новгородской области в течение 2011–2013 гг. были выше,

чем на малых предприятиях Псковской области только в 2011 г. на 1139,8 млн руб., ниже в 2012 и 2013 гг. на 6278,6 млн руб.

и 1081,8 млн руб. соответственно. При сравнении Новгородской области с Ленинградской по инвестированию в основной капитал на малых предприятиях получаем следующие результаты: в 2011 и 2012 гг. значения рассматриваемого показателя были выше в Новгородской области на 810,3 и 470,1 млн руб., а в 2013 г. Новгородская область уступила на 968,1 млн руб.

Следовательно, можно сделать вывод, что за период 2011–2013 гг. инвестиции в основной капитал на малых предприятиях Новгородской области были выше, чем на малых предприятиях Псковской области. А по отношению к Ленинградской области наблюдалось чередование значений рассматриваемого показателя, то в сторону снижения к 2013 г.

Расчеты основных показателей приведены в табл. 3, из них следует, что Новгородская область в 2013 г. по всем рассматриваемым показателям опережает Псковскую область, кроме инвестиций в основной капитал на малых предприятиях, а Ленинградской области уступает по среднесписочной численности работников малых предприятий, объёму оборота малых предприятий и по инвестициям в основной капитал на малых предприятиях.

Таким образом, за период 2011–2013 гг. в Новгородской области динамическая тенденция к росту количества малых предприятий на 100 тыс. жителей. С 2012 по 2013 гг. область опережала значения показателей как своих соседей, Ленинградской и Псковской областей, так и значение по России в целом. Это позволяет сделать вывод, что по данному показателю Новгородская область развивалась поступательно, поскольку, чем больше

функционирует малых предприятий, тем активнее развивается сектор малого бизнеса с условием, что зарегистрированные малые предприятия действительно осуществляли деятельность, а не просто «числились» в списках. Доля занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых в Новгородской области была относительно невысока, но отличалась стабильностью, то есть в среднем 15,3% всех занятых приходилось на сектор малого бизнеса. По данному показателю к 2013 г. область демонстрировала устойчивое лидерство относительно показателей по РФ и Северо-Западному федеральному округу, а также Ленинградской и Псковской областям. Среднесписочная численность работников малых предприятий в Новгородской области также не претерпевала сильных изменений и в среднем составляла 170,5 тыс. чел., что является достаточно высоким результатом. По этому показателю Новгородская область занимала лидерское положение по сравнению с Ленинградской и Псковской областями. Стоит отметить, что Новгородская область по объёму оборота малых предприятий значительно уступала Ленинградской. Динамика инвестиций в основной капитал на малых предприятиях Новгородской области отличалась высокой нестабильностью. Тем не менее величина инвестиций в основной капитал на малых предприятиях Новгородской области была выше, чем на малых предприятиях Псковской области, за исключением 2013 г. А по отношению к Ленинградской области наблюдалось чередование значений этого показателя, то в сторону увеличения в 2011 и 2012 гг., то в сторону снижения в 2013 г.

Таблица 3

Основные показатели развития малого предпринимательства  
в отдельных областях СЗФО в 2013 году

Показатель	Субъект РФ			Относительный показатель сравнения Новгородской и Ленинградской областей, раз	Относительный показатель сравнения Новгородской и Псковской областей, раз
	Ленинградская область	Новгородская область	Псковская область		
Количество малых предприятий на 100 тыс. жителей, ед.	133,3	238,5	101,3	1,79	2,35
Среднесписочная численность работников малых предприятий, тыс. чел.	58,5	170,5	12,8	0,01	13,32
Доля занятых на малых предприятиях в общей среднесписочной численности занятых, %	15,2	18,5	13,7	1,28	1,35
Объём оборота малых предприятий, млн руб.	98546,6	40504,7	37975,6	0,41	1,06
Инвестиции в основной капитал на малых предприятиях, млн руб.	1354,9	386,8	1468,6	0,28	0,25

Подводя итоги анализа развития предпринимательской деятельности в Новгородской области за 2011–2013 гг., можно сделать ряд выводов. Несмотря на ежегодную положительную динамику количества малых предприятий, значения показателей, являющихся реальными индикаторами состояния бизнеса (а именно занятость, объёмы оборота предприятий, инвестиции в своё дело), оставались относительно невысокими. Стоит отметить, что численность занятых в рассматриваемом секторе экономики росла довольно слабыми темпами, составляя в среднем всего 15,3% от общего количества занятых по области. Что касается такого важного показателя предпринимательской активности, отражающего нацеленность представителей малого бизнеса на средне- и долгосрочное развитие, как инвестиции в основные фонды на малых предприятиях, то он отличался ярко выраженной нестабильностью.

Следовательно, не умаляя имеющихся достижений в развитии малого предпринимательства Новгородской области, муниципальным органам власти и соответствующим предприятиям инфраструктуры поддержки необходимо с учётом «узких мест» и имеющихся проблем грамотно выстраивать работу с этим сектором, чтобы область не упускала социально-экономические выгоды от функционирования малого бизнеса.

#### Список литературы

1. Минин Д.Л., Жилин А.М. Особенности развития индивидуального предпринимательства в Новгородской области // Вестник Новгородского филиала РАНХиГС. – 2015. – № 1–1(3). – С. 117–125
2. Минин Д.Л. Основные методические рекомендации по разработке прогнозов развития отраслей АПК // Российское предпринимательство. – 2007. – № 2.
3. Омаров М.М., Чуркин П.Г. Проблемы и риски, возникающие при создании совместного предпри-

ятия // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12 (часть 1). – С. 221–223.

4. Сайдулаев Ф.С. Динамика развития малого предпринимательства в регионах России в январе-сентябре 2013 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http://www.mspbank.ru/Ekspertam/otchetyi\\_partnerov/Otchetyi\\_NISIPP/dynamics\\_of\\_small\\_business\\_development\\_in\\_Russia](http://www.mspbank.ru/Ekspertam/otchetyi_partnerov/Otchetyi_NISIPP/dynamics_of_small_business_development_in_Russia).

5. Шестоперов А.М. Динамика развития малого предпринимательства в регионах России в январе-сентябре 2008–2011 годов [Электронный ресурс]: Ежеквартальный информационно-аналитический доклад; Национальный институт системных исследований проблем предпринимательства. – М., 2009–2012. – Режим доступа: URL: <http://www.nisse.ru>.

#### References

1. Minin D.L., Zhilin A.M. Osobennosti razvitiya individualnogo predprinimatelstva v Novgorodskoj oblasti // Vestnik Novgorodskogo filiala RANHiGS. 2015. no. 1–1(3). pp. 117–125
2. Minin D.L. Osnovnye metodicheskie rekomendacii po razrabotke prognozov razvitiya otraslej APK // Rossijskoe predprinimatelstvo. 2007. no. 2.
3. Omarov M.M., Churkin P.G. Problemy i riski, vznikajushhie pri sozdanii sovmestnogo predpriyatija // Fundamentalnye issledovaniya. 2011. no. 12 (chast 1). pp. 221–223.
4. Sajdulaev F.S. Dinamika razvitiya malogo predprinimatelstva v regionah Rossii v janvare-sentjabre 2013 goda [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: [http://www.mspbank.ru/Ekspertam/otchetyi\\_partnerov/Otchetyi\\_NISIPP/dynamics\\_of\\_small\\_business\\_development\\_in\\_Russia](http://www.mspbank.ru/Ekspertam/otchetyi_partnerov/Otchetyi_NISIPP/dynamics_of_small_business_development_in_Russia).
5. Shestoperov A.M. Dinamika razvitiya malogo predprinimatelstva v regionah Rossii v janvare-sentjabre 2008–2011 godov [Elektronnyj resurs]: Ezhekvartalnyj informacionno-analiticheskij doklad; Nacionalnyj institut sistemnyh issledovaniy problem predprinimatelstva. M., 2009–2012. Rezhim dostupa: URL: <http://www.nisse.ru>.

#### Рецензенты:

Ким Л.В., д.э.н., профессор, заместитель финансового директора ООО «НГаз-Сервис», г. Великий Новгород;

Омарова Н.Ю., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой финансов, денежного обращения и кредита, Институт экономики и управления, Новгородский государственный университет, г. Великий Новгород.

УДК 614.21 : 616-082

## УПРАВЛЕНИЕ КОЕЧНЫМ ФОНДОМ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В ГОРОДСКОЙ МНОГОПРОФИЛЬНОЙ БОЛЬНИЦЕ

Орлов А.Е.

*ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, Самара, e-mail: andrey\_orlov\_75@mail.ru*

Целью исследования явилось изучение динамики ряда показателей деятельности городского многопрофильного стационара для оптимизации его коечного фонда и повышения качества медицинской помощи. Акцент сделан на показателях использования коечного фонда стационара, а также на интегрированных показателях деятельности, характеристика которых необходима для принятия управленческих решений в целях повышения качества медицинской помощи. Отмечается успешная работа больницы по изучаемым показателям, повышение материально-технической базы медицинской организации, недостаточное кадровое обеспечение. Показано, что несмотря на значимость традиционных статистических показателей использования коечного фонда, более полное представление об уровне организации работы стационара, а также того или иного подразделения дает комплексная оценка на основе расчета дифференцированных критериев результативности с учетом специфики конкретных подразделений. Эти критерии позволяют ранжировать все отделения и делать более обоснованные заключения об организации и качестве их работы и о стимулировании сотрудников.

**Ключевые слова:** коечный фонд, городская многопрофильная больница, качество медицинской помощи

## MANAGEMENT AS A TOOL BEDSPACE IMPROVING QUALITY OF CARE THE CITY HOSPITAL

Orlov A.E.

*Samara state medical University, Samara, e-mail: andrey\_orlov\_75@mail.ru*

The aim of the research was to study the dynamics of some indicators of urban general hospital to optimize his hospital bed capacity and improve quality of care. Emphasis is placed on the utilization rates of hospital bed fund, as well as integrated performance indicators, characteristics which are necessary for making management decisions in order to improve the quality of care. It notes the successful work of the hospital for the studied parameters, improving the material and technical base of medical organizations with insufficient staffing. It is shown that despite the importance of traditional statistics of use of bed fund, a better understanding about the level of the organization of work of a hospital, and also this or that division, the complex assessment on the basis of calculation of the differentiated criteria of productivity taking into account specifics of concrete divisions gives. These criteria allow to range all offices and to do more reasonable conclusions about the organization and quality of their work and about stimulation of employees.

**Keywords:** number of beds, City Hospital, the quality of care

В настоящее время качество медицинской помощи (КМП) является важнейшей характеристикой и целью систем здравоохранения. В оценках КМП традиционными, наиболее давно и часто используемыми являются статистические показатели (индикаторы), которые характеризуют различные составляющие КМП – структуру, процесс, результат. Важную роль для характеристики качества деятельности больничных учреждений играют показатели использования коечного фонда [2, 4, 5].

**Целью настоящего исследования** явилось изучение динамики ряда показателей деятельности городского многопрофильного стационара для оптимизации его коечного фонда и повышения качества медицинской помощи.

### Материалы и методы исследования

Базой исследования выбрана одна из крупнейших медицинских организаций г. Самары – городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова. Больница состоит из девяти зданий общей площадью

свыше 44 тыс. кв. м со среднегодовой мощностью коечного фонда, превышающей 1000 коек. Многопрофильный стационар включает кардиологические, хирургические (для взрослых и детей), нейрохирургические койки. Кроме того, представлены койки торакальной хирургии (для взрослых и детей), сосудистой хирургии, травматологические (для взрослых и детей), ожоговые, ортопедические, урологические, стоматологические. Имеются койки для беременных и рожениц, патологии беременности, гинекологические, неврологические, проктологические, гнойные хирургические (для взрослых и детей), для новорожденных (в том числе для недоношенных).

В состав больницы входят также аптека, региональный сосудистый центр (на 110 коек), врачебный здравпункт, реанимационное отделение, отделение статистики, социально-правовой кабинет, консультативно-диагностический центр, физиотерапевтическое отделение, отделение лечебной физкультуры для взрослых и детей, отделение гемодиализа, отделение гипербарической оксигенации, отделение медицинской профилактики, кабинеты функциональной диагностики, эндоскопическое отделение, лаборатория, патологоанатомическое отделение.

В ходе исследования использовались статистический и аналитический методы по данным деятельности городской клинической больницы № 1 им. Н.И. Пирогова г. Самары. Анализировалась отчетная форма № 30 за 2007–2011 годы.

### Результаты исследования и их обсуждение

Показатель работы койки стационара имеет выраженную тенденцию к росту. В целом за период с 2007 по 2011 года он увеличился на 11,8%, составив в 2011 году 340,0 дней. Наибольшим (105,9%) был показатель роста в 2008 году. Средняя длительность пребывания на койке за анализируемый период времени практически не менялась (8,2–8,3 дней). Оборот койки значительно (на 5,9%) увеличился в 2008 году по сравнению с предыдущим годом, затем три года почти не менялся (39,3–40,0) и вновь увеличился в 2011 году до максимального уровня (41,5).

Далее нами была проанализирована динамика показателей использования коечного фонда в отдельных подразделениях стационара.

Было выявлено, что загруженность различных отделений (коек) является весьма неравномерной. Так, в 2011 году с перегрузкой (более 340 дней в году) работали койки следующих профилей: детские, травматологические, проктологические, патологии беременности. Близким к нормативному уровню (320–340 дней) был показатель на хирургических койках для взрослых, травматологических для взрослых, урологических, койках для беременных и рожениц, гинекологических, сосудистой хирургии, кардиохирургических. На койках остальных профилей показатель значительно ниже нормативного (менее 320 дней).

Весьма важным критерием является средняя длительность пребывания больного на койке. В 2011 году средняя длительность пребывания больного на койке была максимальной на ожоговых койках (24,1 дней), койках сосудистой хирургии (20,4 дней) и торакальной хирургии для детей (19,6 дней).

Развитие медицинских технологий и необходимость повышения экономической эффективности деятельности обуславливают тенденцию (и необходимость) постепенного снижения средней длительности пребывания в стационаре по всем профилям. Можно отметить, что при некоторых колебаниях в динамике такая тенденция прослеживается по койкам следующих профилей в период с 2007 по 2011 годы: хирургических для детей (с 21,0 до 19,6 дней), ортопедических для взрослых (с 9,4 до 7,7 дней), урологических (с 9,9 до 8,5 дней), стоматологических

(с 12,6 до 8,2 дней), для беременных и рожениц (с 6,6 до 5,4 дней), проктологических (с 11,5 до 10,6 дней), гнойной хирургии для детей (с 9,5 до 6,0 дней).

Примерно на одинаковом уровне (при небольших колебаниях) сохраняется показатель средней длительности пребывания на травматологических койках для взрослых (11,1–12,2 дней), детей (7,0–8,8 дней), гинекологических (6,7–8,0 дней), гнойной хирургии для взрослых (12,2–13,5 дней).

Особого внимания требуют койки, где имеет место поступательная тенденция к росту показателя за исследуемый отрезок времени: хирургические для взрослых (с 7,4 до 8,3 дней), нейрохирургические (с 8,2 до 9,7 дней), торакальной хирургии для взрослых (с 14,2 до 16,9 дней), сосудистой хирургии (с 17,4 до 20,4 дней), ожоговых (с 21,9 до 24,1), неврологических (с 7,7 до 12,3 дней).

Сравнение однотипных, близких по содержанию работы отделений хирургического профиля показало, что нормативный критерий средней длительности пребывания на койке колеблется от 7,5 до 8,5 дней. При этом из 12 сравниваемых отделений только в трех фактически показатель оказался ниже нормативного, а в остальных он выше, причем превышение составляет от 1,2 до 40%.

Показатель оборота койки как результативный индикатор отношения среднего числа дней работы койки к средней длительности пребывания больного на койке в 2011 году колебался от 4,4 на стоматологических койках до 62,0 (койки для беременных и рожениц).

Положительная тенденция к росту данного показателя в 2007–2011 годы, свидетельствующая об интенсификации лечебно-диагностического процесса, отмечается на хирургических койках для взрослых (с 27,3 до 40,2), койках сосудистой хирургии (с 4,3 до 16,2), травматологических (с 27,5 до 29,0), ортопедических для взрослых (с 5,3 до 14,9), урологических (с 28,7 до 36,6), койках для беременных (с 39,5 до 62,0), проктологических (с 33,0 до 43,0).

Тенденция к снижению показателя имеет место на хирургических койках для детей (с 69,3 до 19,5), койках торакальной хирургии (с 23,1 до 5,1), ожоговых (с 14,4 до 12,7), гнойной хирургии для детей (с 42,3 до 36,6), неврологических (с 39,2 до 25,7).

На койках остальных профилей (нейрохирургических, стоматологических, гинекологических, гнойной хирургии для взрослых) тенденция изменения оборота койки отсутствует или носит неотчетливый характер.

Показатели средней длительности пребывания больного в стационаре и оборота койки зависят от целого ряда внешних (в первую очередь касающихся характеристик самих пациентов) и внутренних (связанных с организацией лечебно-диагностического процесса) факторов. Общей тенденцией последних лет является «утяжеление» контингента больных, поступающих в стационар [1, 3]. Об этом свидетельствует динамика доли пациентов, госпитализированных по поводу различных заболеваний, входящих в синдромо-комплекс «острого живота», через сутки и позже от начала заболевания. Увеличение этого показателя имеет место по всем нозологическим формам, но особенно выраженным является при ущемленной грыже (более чем восьмикратное) и желудочно-кишечном кровотечении (более чем трехкратное). Поэтому увеличение средней длительности лечения на койках хирургического профиля отчасти является объективным и оправданным.

Среди совокупности внутренних факторов, влияющих на качество и эффективность лечения, мы выделили кадровую составляющую, поскольку вопрос укомплектованности кадрами (особенно среднего и младшего медицинского персонала) является в настоящее время одним из наиболее актуальных в здравоохранении.

Весьма распространенным явлением в здравоохранении является совместительство, и мы рассчитали коэффициент укомплектованности персоналом по физическим лицам (как правило, укомплектованность по ставкам приближается к 100%), а также коэффициент совместительства. Укомплектованность врачами составляет чуть более 2/3 (70,7% в 2011 году) и имеет тенденцию к сокращению (показатель наглядности в 2011 году по сравнению с 2007 годом составил 98,1%). При этом коэффициент совместительства находится на уровне 1,4–1,5. Еще ниже (63,5% в 2011 году) с тенденцией к снижению представлена укомплектованность средним медицинским персоналом (коэффициент совместительства в 2011 году составил 1,6). Примерно на уровне 50% (но с некоторой тенденцией к росту) отмечается укомплектованность младшим медицинским персоналом (при коэффициенте совместительства 1,8, а в 2007 – 2,5). Полученные данные свидетельствуют о необходимости активной целенаправленной работы в области кадрового менеджмента.

Одной из предпосылок для интенсификации лечебно-диагностического процесса является также современная материально-техническая база. Отметим в связи с этим,

что за последние десять лет фондовооруженность труда медицинского персонала больницы, то есть отношение средней годовой стоимости основных производственных фондов к средней численности работников за год, увеличилась почти в 16 раз, что свидетельствует о положительной тенденции в создании надлежащих условий оказания медицинской помощи.

В процессе исследования было выявлено, что показатель оперативной активности в отделениях хирургического профиля многопрофильного стационара колеблется от 23,5 до 89,0%. По степени достижения нормативного показателя отделения разделились поровну: в половине он не был достигнут и в половине – был превышен.

Нормативная длительность предоперационного периода колебалась от одного до трех дней. В пяти отделениях фактически этот период был ниже, в одном – соответствовал среднему, а в половине – превысил средний уровень (причем в одном из отделений – почти втрое).

Относительно благоприятная ситуация сложилась по показателю больничной летальности. Несмотря на то, что нормативное значение данного показателя (1,5%) превышено в половине отделений, уровень этого превышения сравнительно невысок (максимальное превышение – 38,6%).

Более точные интегральные показатели деятельности многопрофильного стационара можно получить на основании показателей результативности по моделям конечных результатов (в долях от единицы).

В качестве иллюстрации приведем модель интегрального показателя результативности гинекологического отделения городской клинической больницы. В качестве показателей результативности можно использовать среднюю длительность пребывания на койке; оперативную активность; длительность предоперационного периода; общую летальность; коэффициент качества при проведении экспертизы; отсутствие жалоб; отсутствие послеоперационных осложнений; отсутствие расхождения диагнозов.

Для расчета конечного результата (КР) по каждому показателю необходимо от базового значения показателя (Б) отнять произведение разности фактического показателя (Ф) и норматива (Н) на соответствующий коэффициент (К), весомость которого устанавливает исследователь ( $КР = Б - (Ф - Н) \cdot К$ ). например по показателю средней длительности пребывания на койке значение КР будет равно  $9,23 (10 - (9,27 - 8,5) \cdot 1)$ .

Интегральный показатель результативности (ИР) представляет собой частное от суммы всех конечных результатов по каж-

дому показателю к сумме базовых значений ( $PR = \sum KR / \sum B$ ). Так, для гинекологического отделения ПР в 2011 году составил 0,86 (68,92/80).

В целом по больнице показатели результативности оказались достаточно высокими: 0,93 в 2010 году и 0,89 в 2011 году. В 2011 году их значения в разных отделениях колебались от 0,82 до 0,95 («размах» составил 25%, что, на наш взгляд, достаточно существенно). Ниже среднего по больнице был показатель в пяти отделениях, в двух – он совпал со средним, в остальных – был выше. Лишь в одном из отделений в 2011 году имело место увеличение показателя (и в одном – его значение не изменилось). В остальных отделениях показатель снизился, причем в трех – существенно ( $p < 0,05$ ). Максимальное значение темпа снижения составило 10,9%.

### Заключение

Таким образом, по результатам исследования в целом городская клиническая больница работает на сравнительно высоком уровне без отчетливо выраженной динамики, но в различных подразделениях ситуация складывается по-разному. Не всегда управленческие решения, касающиеся реструктуризации коечного фонда больницы, являются вполне обоснованными, и следует констатировать, что необходимо дальнейшее совершенствование структуры больницы.

При положительной тенденции укрепления материально-технической базы больницы достаточно сложной остается ситуация с кадровыми ресурсами. Отражается на показателях работы больницы (с разной степенью выраженности в разных отделениях) и общая тенденция к «утяжелению» контингента поступающих больных.

Несмотря на то, что традиционные статистические показатели деятельности многопрофильного стационара и использования коечного фонда не утратили своей управленческой значимости, более полное представление об уровне организации работы стационара и оптимизации коечного фонда, а также того или иного подразделения в контексте обеспечения КМП дает комплексная оценка, включающая расчет показателей по конкретным подразделениям с учетом специфики последних, в том числе расчет дифференцированных критериев результативности. Эти критерии позволяют ранжировать все отделения и делать более обоснованные заключения об организации

и качестве их работы и о стимулировании сотрудников.

### Список литературы

1. Бакланов Т.Н. Научно-организационные аспекты обеспечения качества оказания медицинской помощи в многопрофильной больнице / Т.Н. Бакланов, В.К. Попович, И.Б. Шишкина // Социальные аспекты здоровья населения. – 2012. – № 6(28). – С. 3–7.
2. Орлов А.Е. Индикаторы качества деятельности городской многопрофильной больницы / А.Е. Орлов, В.В. Павлов, С.А. Суслин // Аспирантский вестник Поволжья. – 2014. – № 5–6. – С. 138–142.
3. Павлов В.В. Динамика показателей деятельности городской больницы в контексте управления качеством медицинской помощи / В.В. Павлов, А.Е. Орлов, С.А. Суслин // Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 90-летию кафедры общественного здоровья и здравоохранения, экономики здравоохранения. – М., 2014. – С. 68–72.
4. Суслин С.А. Современные подходы к организации медицинской помощи населению в условиях городской многопрофильной больницы / С.А. Суслин, В.В. Павлов, С.В. Шешунова // Здравоохранение Российской Федерации. – 2014. – Т. 58. – № 4. – С. 29–33.
5. Суслин С.А. Характеристика основных показателей оценки медицинской деятельности стационарных учреждений // Заместитель главного врача. – 2009. – № 11. – С. 7–11.

### References

1. Baklanov T.N. Nauchno-organizacionnye aspekty obespechenija kachestva okazanija medicinskoj pomoshhi v mnogoprofilnoj bolnice / T.N. Baklanov, V.K. Popovich, I.B. Shishkina // Socialnye aspekty zdorovja naselenija. 2012. no. 6(28). pp. 3–7.
2. Orlov A.E. Indikatory kachestva dejatelnosti gorodskoj mnogoprofilnoj bolnicy / A.E. Orlov, V.V. Pavlov, S.A. Suslin // Aspirantskij vestnik Povolzhja. 2014. no. 5–6. pp. 138–142.
3. Pavlov V.V. Dinamika pokazatelej dejatelnosti gorodskoj bolnicy v kontekste upravlenija kachestvom medicinskoj pomoshhi / V.V. Pavlov, A.E. Orlov, S.A. Suslin // Materialy Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj 90-letiju kafedry obshhestvennogo zdorovja i zdavoohranenija, jekonomiki zdavoohranenija. M., 2014. pp. 68–72.
4. Suslin S.A. Sovremennye podhody k organizacii medicinskoj pomoshhi naseleniju v uslovijah gorodskoj mnogoprofilnoj bolnicy / S.A. Suslin, V.V. Pavlov, S.V. Sheshunova // Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii. 2014. T. 58. no. 4. pp. 29–33.
5. Suslin S.A. Harakteristika osnovnyh pokazatelej ocenki medicinskoj dejatelnosti stacionarnyh uchrezhdenij // Zamestitel glavnogo vracha. 2009. no. 11. pp. 7–11.

### Рецензенты:

Суслин С.А., д.м.н., заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения с курсом экономики и управления здравоохранением, Самарский государственный медицинский университет, г. Самара;

Гехт И.А., д.м.н., профессор кафедры медицинского страхования ИПО, Самарский государственный медицинский университет, г. Самара.

УДК 336.647.2

## ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКЦИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ КЛУБОВ

Титов В.А., Вейнберг Р.Р., Литвишко О.В.

ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»,  
Москва, e-mail: vtitov213@yandex.ru, veynberg@gmail.com, OL-1@mail.ru

Отечественный спорт в настоящий момент находится в процессе перехода на рыночные отношения. Усиливающаяся тенденция коммерциализации, с одной стороны, дефицит бюджетных средств – с другой, свидетельствуют, что спорт должен самостоятельно извлекать доход из имеющихся в его распоряжении ресурсов и научиться использовать существующие рыночные механизмы привлечения капитала. В поисках новых источников финансирования спортивные клубы могут обратить внимание на возможности фондового рынка по мобилизации временно свободных денежных средств, что приведет к появлению на российском рынке инструмента со специфическими инвестиционными характеристиками. В статье рассматривается типовой портрет инвестора, а также приводится модель цены акции спортивного клуба, основанная на ее корреляционной связи с новостными факторами. Статья будет интересна для студентов, аспирантов и всех интересующихся управлением и финансированием спортивной деятельности.

**Ключевые слова:** первичный рынок капитала, профессиональный спорт, акции, инвестор, риск, регрессионный анализ, рентабельность

## EQUITY OF PROFESSIONAL SPORT CLUBS INVESTMENT HIGHLIGHTS

Titov V.A., Veynberg R.R., Litvishko O.V.

Plekhonov Russian University of Economics, Moscow,  
e-mail: vtitov213@yandex.ru, veynberg@gmail.com, OL-1@mail.ru

National sport is currently in the process of transition to market relations. The growing trend of commercialization, on the one hand, the budget deficit – on the other, suggest that sport should independently extract income from its available resources and learn how to use existing market mechanisms to attract capital. In search of new sources of funding, sports clubs can draw attention to stock market possibility to mobilize temporarily free funds, which will lead on Russian market creation of the instrument with specific investment characteristics. The article discusses typical portrait of investor and share price model of sports clubs, based on its correlation with news factors. The article will be interesting for students, phd students and for all who are interesting in management and financing of sport industry.

**Keywords:** initial capital market, professional sports, stocks, investor, risk, regression analysis, profitability

Финансовая специфика зрелищно-массовых услуг профессионального спорта дает отрасли конкурентные преимущества по отношению к иным услугам аналогичного свойства и качества, представленным на рынках развлечения. Исключительность продукта профессионального спорта заключается:

- в возможности продажи услуги в различных формах ее существования: в виде билетов, видео- и аудиотрансляции, информации в печатном издании и сети Интернет, а также в форме материального носителя в виде атрибутики;

- в потенциально неограниченной доходности спортивной услуги, которая в силу своей зрелищности и постоянной новизны является массовым товаром, уровень чистого дохода с реализации которого находится в прямой зависимости от числа покупателей этой услуги.

Именно благодаря финансовой специфике услуг профессионального спорта активы организаций, функционирующих

в данной отрасли экономики, рассматриваются как эффективный инвестиционный и рекламный инструмент. Так, инвестиции в спорт, несмотря на характерный для спортивного бизнеса высокий риск, могут принести существенный доход как в виде дивидендов и имиджевого капитала, так и в виде социально значимого эффекта в процессе реабилитации и воспроизводства качественной рабочей силы.

Исходя из социально-экономического значения профессионального спорта для общества, сформировалась специфическая форма оплаты спортивно-зрелищных услуг, основанная на единстве прямых (услуги оплачивают потребители) и косвенных (спонсорские платежи и государственные ассигнования) источников финансирования. Расходы государства на развитие индустрии спорта в данном случае рассматриваются как экономически выгодное вложение в развитие человеческого потенциала и улучшение качества жизни граждан.

Большая популярность профессионального спорта в мире послужила толчком к появлению нового способа аккумуляции дополнительных финансовых ресурсов для повышения рентабельности деятельности и ухода от спонсорства как неэффективного источника финансирования коммерческой организации: выход на первичный рынок капитала. Помимо вышеназванной цели данный механизм позволяет повысить лояльность болельщиков к руководству клуба путем распространения акций между фанатскими объединениями, предоставляя им возможность участвовать в процессе управления пропорционально их доли в собственности клуба. В мировой практике существуют примеры взятия организованными движениями болельщиков контроля над клубом. Определенные системой корпоративного управления клуба две ключевых категории акционеров – болельщики и инвесторы – получают возможность стать единым целым. Однако подобная структура владения содержит в себе риск возникновения конфликта интересов между двумя типами акционеров, что связано с наличием различных подходов к развитию спортивного клуба. Первый подход, характерный для США, заключается в стремлении к максимизации доходов, при этом спортивная деятельность и ее результаты рассматриваются как средство достижения прибыли. Второй подход характерен для европейских стран, в том числе и для России, где спортивное соперничество является приоритетным фактором и обязательным условием ведения бизнеса. Часто в погоне за спортивным результатом экономическая эффективность и фундаментальные принципы построения бизнеса остаются на втором плане.

На фондовом рынке рациональные спекулянты находят акции, которые являются недооцененными или переоцененными относительно своей реальной стоимости, и их дальнейшие действия создают финансовые потоки, стабилизирующие курс акций относительно среднего значения. Однако ценность спортивного клуба в большой степени зависит от факторов, которые содержат в себе большие риски и неопределенность. Такая зависимость может породить неуверенность относительно стоимости клуба, и инвесторы могут быть не в состоянии стабилизировать курс акций. Вместо того, чтобы открыть позицию на основе различия между текущей и фундаментальной стоимостью команды, инвесторы действуют согласно своему восприятию поведения рынка. При

иррациональном поведении инвесторов на рынке часто формируется множественное равновесие. Курс акций при такой ситуации может увязнуть в длительном равновесии на нижнем уровне, где все испытывают пессимизм и воздерживаются от инвестирования в подобные активы, что приводит к спаду как в случае со многими зарубежными спортивными клубами. О том, что акции футбольных клубов являются высокорисковым инструментом, говорят коэффициенты эксцесса и асимметрии, а также максимальный месячный рост/падение индекса (32,85–25,14%). Положительный коэффициент эксцесса свидетельствует о том, что распределение графика фондового индекса футбольных клубов Европы (STOXX Europe Football Index) имеет более выраженный пик, чем у нормального распределения, которое называется островершинным. Такое распределение характеризует торговлю, которая подвержена большим скачкам цен, т.е. такой рынок является высоковолатильным. Отрицательная асимметрия индекса означает, что направленные вниз отклонения курсовой стоимости более вероятны, чем направленные вверх [1].

В большинстве европейских клубов нематериальные активы, к которым относятся права на регистрацию игроков, учитывающиеся по методу «капитализации и амортизации», занимают существенную долю в структуре основного капитала и играют важную роль для фундаментальной оценки стоимости акций. Ценность нематериальных активов сильно привязана к спортивным результатам. Победы в турнирах поднимают ценность человеческого капитала, деловую репутацию, имидж и бренд клуба, что выражается в повышении дохода, и наоборот, плохие спортивные результаты снижают стоимость нематериальных активов.

Рассматривая отрасль спорта под другим углом, с помощью методики «Анализа пяти сил Портера», можно выявить низкую привлекательность индустрии профессионального спорта из-за высокого уровня конкурентной борьбы в отрасли и рыночной власти поставщиков, которыми в данном случае выступают клубы и спортсмены. Основной причиной является тот факт, что доходы клубов сильно зависят от спортивных результатов. У клубов, ставящих перед собой высокие цели, большие расходы на выплату заработной платы спортсменам, им обязательно нужно выигрывать турниры. Невыполнение командой поставленных на сезон задач грозит серьезными убытками и падением рыночной капитализации акций.

## Анализ привлекательности отрасли

Конкурентные силы	Степень влияния	Факторы	Эффект
Угрозы появления продуктов-заменителей	Средняя	<ul style="list-style-type: none"> <li>● исключительность продукта</li> <li>● наличие потребителей, чувствительных к изменению цены и качества</li> <li>● спортивные традиции</li> </ul>	+ - +
Угрозы появления новых игроков	Низкая	<ul style="list-style-type: none"> <li>● высокие стартовые затраты</li> <li>● стоимость уникального бренда (широкая фанатская база)</li> </ul>	+ +
Рыночная власть поставщиков	Высокая	<ul style="list-style-type: none"> <li>● спортсмены – самый ценный актив клуба</li> <li>● высокая дифференциация товара (спортсменов)</li> <li>● наличие профессиональных контрактов</li> </ul>	- - -
Рыночная власть потребителей	Низкая / Средняя	<ul style="list-style-type: none"> <li>● в условиях конкурентной борьбы между телевизионными компаниями и спонсорами реализуется монопольная власть спортивных лиг</li> </ul>	+
Уровень конкурентной борьбы	Высокая	<ul style="list-style-type: none"> <li>● большое количество конкурентов с высокими амбициями (достижение спортивного результата, привлечение лучших спортсменов)</li> <li>● низкие барьеры входа в отрасль</li> <li>● барьеры выхода из отрасли</li> <li>● лояльность болельщиков к клубу</li> </ul>	- - - +

Направления стабилизации ценности активов клуба состоят в повышении доли материальных активов в общей структуре внеоборотного капитала посредством строительства материально-технической базы, а также в диверсификации деятельности и развитии непрофильных активов, что позволит генерировать доход помимо основной деятельности, делая клуб менее зависимым от спортивных результатов. Таким образом, спортивный клуб при размещении своих акций должен предложить инвесторам вкладывать капитал не только в команду, состоящую из известных игроков и участвующую в различных соревнованиях, но в первую очередь в организацию, владеющую спортивной инфраструктурой, имеющую свой раскрученный бренд, который независимо от спортивных результатов команды будет приносить прибыль. Для повышения рентабельности своей деятельности зарубежные спортивные клубы помимо основного направления занимаются ведением непрофильного бизнеса. Синергетический эффект, т.е. возрастание эффективности деятельности в результате слияния отдельных частей в единую систему, имеет место благодаря ведению бизнеса под брендом популярного спортивного клуба.

Так как теоретически цена акции компании равна сумме будущих дисконтированных денежных потоков, акции публичных торгуемых клубов также должны сильно зависеть от спортивных результатов. Применение метода дисконтирования денежных потоков в отличие от других методов способно включить в оценку клуба некоторые из

основных непризнанных активов, такие как: база болельщиков; репутация клуба, право участия в доходных соревнованиях, которые не могут быть приняты на баланс спортивной организации в силу того, что их стоимость чрезвычайно трудно определить [2].

Текущие цены акций клуба отражают всю доступную информацию для инвесторов, в том числе прогнозируемые результаты матчей. Для любой конкретной игры эта информация включает в себя такие переменные, как статус соперника, фактор поля, возможность задействовать в матче определенного игрока, квалификация судьи, текущая форма и боевой дух команды и многие другие факторы. Когда результат игры становится известным, рынок корректирует цену, чтобы отразить неожиданные компоненты матча, которые должны быть преобразованы в изменение ожидаемых денежных потоков клуба и, следовательно, доходности его акций. Одним из методов контроля ожидаемых результатов матчей является использование коэффициентов букмекерских контор. Вероятность ( $Q$ ) на победу конкретной ставки с денежным выигрышем ( $W$ ) рассчитывается следующим образом:

$$Q = 1/(W \cdot k), \quad (1)$$

где  $k$  – корректирующий коэффициент, учитывающий маржу букмекерской конторы и рассчитываемый путем суммирования обратной величины коэффициентов на все возможные исходы матча. Ожидаемое количество очков за матч при учете того, что за победу дается 3 очка, за ничью – 1

и за поражение – 0, (*expectedpoints*, *EP*), рассчитывается по формуле

$$EP = 3 \cdot Q_{win} + 1 \cdot Q_{draw} + 0 \cdot Q_{loss}.$$

Количество очков выше или ниже прогнозируемой величины составляет ошибку ожидания (*surpriseleaguepoints*, *S*) и рассчитывается в зависимости от исхода матча следующим образом:

$$\begin{aligned} S_{win} &= 3 - EP, \text{ в случае победы команды;} \\ S_{draw} &= 1 - EP, \text{ при ничейном исходе матча;} \\ S_{loss} &= 0 - EP, \text{ в случае поражения.} \end{aligned} \quad (2)$$

На основании результатов проведенного регрессионного анализа можно определить влияние на ценовые колебания акций таких факторов, как процентное изменение фондового индекса и ошибка ожидания (*S*) ( $\beta$  составляет 0,165 и 0,204 при коэффициенте Стьюдента (*t*-критерии) 5,813 и 3,849 соответственно). Мультипликативное взаимодействие фактора *S* с переменной, оценивающей приближение окончания сезона, с учетом возрастающего или уменьшающегося значения последующих матчей и фиктивной переменной, делящей матчи на домашние и выездные, повышает значимость фактора *S* в волатильности рыночной цены акции ( $\beta$  составляет 0,340 и 0,220 при коэффициенте Стьюдента (*t*-критерии) 10 и 2,157 соответственно). По показателям других коэффициентов можно подчеркнуть, что они оказывают незначительное влияние на зависимую переменную, что связано с недостаточной ликвидностью рынка, вызванной малой долей акций в свободном обращении и низкими объемами торгов, что сказывается на запоздалой реакции инвесторов на новостной фон [3].

Из этого следует, что фондовые активы клубов реагируют на итог спортивных матчей, являясь чувствительными к ценовой информации, в довольно грубой форме, что говорит о недостаточной эффективности данного рынка. Связано это с тем, что основная доля свободно обращающихся акций находится на руках инвесторов – любителей спорта. Такой тип инвестора в первую очередь рассматривает данный актив как сувенирную продукцию, так как спортивные клубы, как правило, распространяют среди болельщиков акции без права голоса. Они не слишком обращают внимание на появляющуюся информацию с точки зрения ее возможного влияния на курсовую стоимость ценных бумаг, их поведение на рынке характеризуется как иррациональное. Эти инвесторы испытывают огромный интерес к команде и, следовательно, находят ценность только во владении частью клуба. До-

ходность от инвестиций может измеряться не ростом курсовой стоимости акций и не суммой выплаченных дивидендов, а количеством титулов, завоеванных клубом, что позволяет им, поддерживая свою команду, получать положительные эмоции.

О готовности российских спортивных клубов к выходу на первичный рынок капитала говорить пока преждевременно. Большинство спортивных клубов в нашей стране не оправдывают своих затрат, являясь неэффективными [4, 5], что связано с недостаточной мотивацией менеджмента на привлечение дополнительных средств из-за наличия:

- акционеров в виде крупнейших государственных и частных компаний, позволяющих за счет своих мощных финансовых ресурсов ежегодно наращивать клубам свои бюджеты, покрывать их огромные текущие расходы;
- собственников в лице органов власти, как реализовано в большинстве региональных клубов, также осуществляющих финансовую поддержку текущей деятельности клубов.

В направлении достижения клубами самокупаемости должно произойти перенаправление государственного финансирования текущей деятельности на поддержку развития клубной инфраструктуры, что изменит структуру финансирования и будет являться стимулом для поиска эффективного управления и достижения экономической эффективности текущей деятельности.

Решить проблему инфраструктуры должна Федеральная целевая программа «Развитие физической культуры и спорта в Российской Федерации», в соответствии с которой к Чемпионату мира по футболу 2018 года в стране будет открыто 12 современных футбольных стадионов, средства на строительство которых выделяются из федеральных и региональных бюджетов, а также инвесторами на условиях государственно-частного партнерства. Развиваемые формы государственно-частного партнерства в сфере физической культуры и спорта должны основываться на рыночных механизмах и совпадении экономических интересов всех вовлеченных в эту сферу отношений субъектов. Перспективными являются распространение в спортивной отрасли экономики практики заключения концессионных соглашений, контрактов жизненного цикла, применения конструкции ЗПИФов, а также обеспечение эффективного использования находящегося в государственной или муниципальной собственности имущества и повышение качества спортивного продукта, предоставляемого потребителям.

Однако, чтобы вложенные средства принесли прибыль, нужно активизировать интерес граждан России к спорту и к здоровому образу жизни. Популяризация спорта обернется не только прибылью организаций, функционирующих в данной индустрии, но и будет иметь социально значимый эффект. Нельзя рассматривать спорт в отрыве от состояния национальной экономики и уровня жизни в стране, который у нас на порядок ниже, чем во многих европейских странах, где у организаций, функционирующих в индустрии спорта, имеются лучшие условия для ведения бизнеса.

В России болельщик так и не стал экономической составляющей спорта, что характерно для развитых стран. Он, напротив, приносит клубам убытки, если иметь ввиду низкую посещаемость матчей, крайне слабые телевизионные рейтинги и крупные штрафы, которые платят клубы и федерации за нарушение болельщиками общественного порядка. Все это никак не способствует повышению рентабельности спортивного бизнеса в России и, как следствие, тормозит развитие спорта. Повышение уровня денежных доходов населения в конечном счете является необходимым условием обеспечения денежной выручки российских спортивных клубов.

#### Список литературы

1. Галанов В.А. Финансы, денежное обращение, кредит: учебник. – 2-е изд. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2011. – 416 с.
2. Ковалев В.В. Управление денежными потоками, прибылью и рентабельностью: учебно-практ. пособие. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008. – 336 с.

3. Koller, T., Goedhart, M., & Wessel, D. (2010). Valuation – Measuring and Managing the Value of Companies. Hoboken: JohnWiley&Sons, Inc.

4. Michel Aglietta & Wladimir Andreff & Bastien Drut, 2010. «Floating European football clubs in the stock market», *EconomiX Working Papers 2010–24*, University of Paris West – Nanterre la Défense, EconomiX.

5. Morrow S. (1999). The new business of football: Accountability and finance in football. Basingstoke: Macmillan Business.

#### References

1. Galanov V.A. *Finansy, denezhnoe obrashhenie, kredit: uchebnik*. 2-e izd. M.: FORUM: INFRA-M, 2011. 416 p.
2. Kovalev V.V. *Upravlenie denezhnymi potokami, pribylju i rentabelnostju: uchebno-prakt. posobie*. M.: TK Velbi, Izd-vo Prospekt, 2008. 336 p.
3. Koller, T., Goedhart, M., & Wessel, D. (2010). *Valuation Measuring and Managing the Value of Companies*. Hoboken: JohnWiley&Sons, Inc.
4. Michel Aglietta & Wladimir Andreff & Bastien Drut, 2010. «Floating European football clubs in the stock market», *EconomiX Working Papers 2010–24*, University of Paris West Nanterre la Défense, EconomiX.
5. Morrow S. (1999). *The new business of football: Accountability and finance in football*. Basingstoke: Macmillan Business.

#### Рецензенты:

Тихомирова Е.И., д.э.н., профессор, декан факультета математической экономики и информатики, ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Москва;

Халиков М.А., д.э.н., профессор кафедры математических методов в экономике, ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» Министерства образования и науки РФ, г. Москва.

УДК 519.87:336.74(045)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КУРСА РУБЛЯ ОТ ЦЕНЫ НА НЕФТЬ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НАЛОГОВОГО ПЕРИОДА

**Феклин В.Г., Шевелев А.Ю.**

*ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,  
Москва, e-mail: shevelev1961@mail.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию влияния «налогового периода» на стоимость одного барреля нефти. Рассмотрена динамика стоимости одного барреля нефти марки URALS в руб. Исследован эффект «налогового периода» и подтверждено его влияние на курс рубля. Проанализированы данные ЦБ РФ зависимости курса рубля по отношению к доллару за второе полугодие 2014 года. В рассматриваемом промежутке времени выделены два массива данных: «безналоговый период» и «налоговый период». Произведена статистическая обработка указанных выборок. Построены гиперболические модели для «безналогового периода», «налогового периода» и «общего периода». Сделаны выводы о том, что полученные модели хорошо согласуются с соответствующими массивами данных и о целесообразности введения обязательной продажи части валютной выручки экспортеров в условиях девальвации рубля.

**Ключевые слова:** курс рубля, цена на нефть, налоговый период, безналоговый период, общий период, эффект налогового периода, гиперболическая модель, валютная выручка

## MODELLING OF DEPENDENCE OF RUBLE EXCHANGE RATE ON THE PRICE OF OIL TAKING INTO ACCOUNT INFLUENCE OF THE TAX PERIOD

**Feklin V.G., Shevelev A.Y.**

*Financial university under the Government of the Russian Federation,  
Moscow, e-mail: shevelev1961@mail.ru*

The present article is devoted to the research of the influence of «the tax period» on the cost of one barrel of oil. The dynamics of the cost of one barrel of oil of the URALS brand in rub was analyzed. In this article there was investigated the effect of «the tax period» and its influence on ruble exchange rate was confirmed. Data of the Central Bank of the Russian Federation of dependence of ruble exchange rate in relation to dollar over the second half of the year 2014 were analysed. In the considered period the two data sets were allocated: «the without tax period» and «the tax period». The statistical processing of the specified samplings was made. Three hyperbolic models according «the without tax period», «the tax period» and «the general period» were constructed. In this article there were made the conclusions: firstly, the received models are correlated well with the related data sets and secondly, about expediency of introduction of obligatory sale of part of currency revenue of exporters in the conditions of devaluation of ruble.

**Keywords:** the rouble exchange rate, the cost of oil, the tax period, the without tax period, the general period, the tax period effect, the hyperbolic model, the foreign currency revenue

Как известно, на колебание курса рубля оказывают влияния различные факторы. Наиболее весомым из них является цена на нефть. Это связано с тем, что денежно-кредитная политика России во многом определяется доходами от экспорта нефтегазовых ресурсов [3]. По данным Счетной Палаты, доля от нефтегазовых доходов в бюджете вырастет с 48,1% (в 2014 г.) до 52,5% (в 2015 г.) [5].

В работах [6] и [2] авторами были предложены модели зависимости курса рубля от цены на нефть. Так, в работе [6] анализируется гипотеза, которая утверждает, что связь между курсом рубля и ценой на нефть в основном определяется параметрами федерального бюджета. Предполагается, что рублевая цена барреля нефти марки URALS не должна значительно отклоняться от некоторого конкретного значения, определяемого параметрами федерального бюджета.

В то же время цена на нефть не единственный фактор, влияющий на динамику курса рубля. Далее мы рассмотрим эффект «налогового периода».

Необходимость осуществлять налоговые выплаты ведет к росту предложения валюты со стороны экспортеров и, как следствие, к укреплению рубля. Поэтому в налоговые периоды наблюдается относительное укрепление рубля. Особенно этот эффект заметен в условиях экономической нестабильности. Так, во второй половине 2014 года наблюдалось резкое падение долларовой цены на нефть и ослабление рубля (рис. 1). Последнее ведет к тому, что экспортеры будут стараться не продавать свою валютную выручку до тех пор, пока не возникнет в этом необходимость, в частности для налогов.

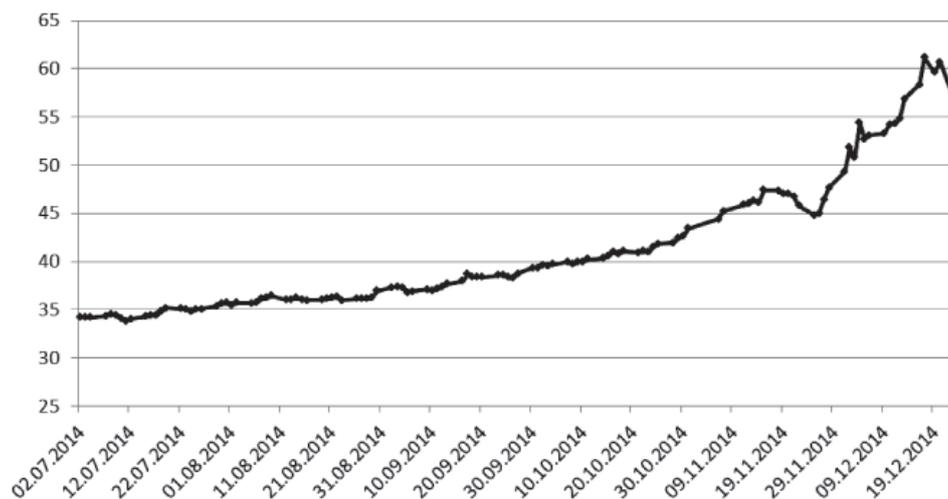


Рис. 1. Динамика курса доллара США к российскому рублю

В данной работе предлагается развитие гиперболической модели [6] с учетом влияния налогового периода.

В ходе исследования были проанализированы данные ЦБ РФ [4] зависимости курса рубля по отношению к доллару от рублевой цены на нефть марки URALS [1]. В рамках анализа использовались ежедневные данные со 2 июля по 24 декабря 2014 года («Общий период» (рис. 2)).

На рис. 2 можно наблюдать резкие снижения рублевой стоимости барреля нефти в определенные моменты времени с дальнейшим восстановлением значений этого показателя. Заметим, что указанные изменения характерны для налогового периода. В связи с этим рассмотренные данные были

разбиты на два массива. Один массив содержал данные, относящиеся к моментам времени («налоговый период»), в которые компании должны выплачивать налоги, а другой массив – остальные («безналоговый период» (рис. 3)).

Рассмотрим следующую модель

$$y = \frac{a}{x} + \varepsilon,$$

где  $y$  – курс ЦБ РФ одного доллара США в рублях;  $x$  – стоимость одного барреля нефти марки URALS в долларах США;  $\varepsilon$  – случайная составляющая.

Как и в работе [6], данная модель опирается на гипотезу о постоянстве средней выручки от продажи одного барреля нефти  $x \cdot y$ .

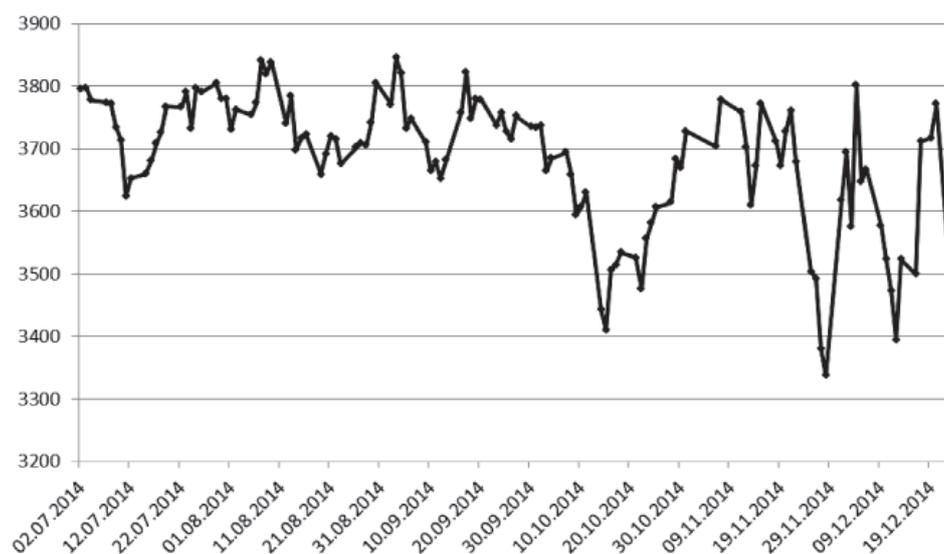


Рис. 2. Динамика средней стоимости одного барреля нефти марки URALS в руб. за второе полугодие 2014 года

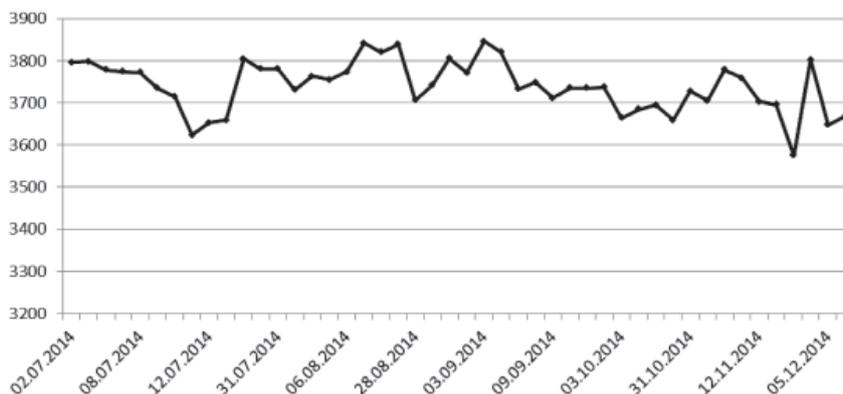


Рис. 3. Динамика средней стоимости одного барреля нефти марки URALS в руб. в «безналоговый период»

По результатам расчетов были получены три уравнения регрессии.

1. «Безналоговый период»:

$$\hat{y} = \frac{3731,31}{x}$$

При этом коэффициент детерминации равен 0,9997 при стандартной ошибке равной 0,68.

2. «Безналоговый период»:

$$\hat{y} = \frac{3625,99}{x}$$

При этом коэффициент детерминации равен 0,9988 при стандартной ошибке равной 1,45.

3. «Общий период»:

$$\hat{y} = \frac{3661,23}{x}$$

При этом коэффициент детерминации равен 0,9990 при стандартной ошибке равной 1,34.

Анализируя полученные результаты, можно утверждать, что полученные модели хорошо согласуются с соответствующими массивами данных. Следовательно, подтверждено влияние «налогового периода» на динамику курса рубля.

Заметим, что величина средней цены барреля нефти в рублях в «налоговом периоде» существенно выше, чем в «безналоговом». При этом разница между ними будет тем выше, чем больше рост курса доллара. В связи с этим в условиях девальвации рубля с целью макроэкономической стабилизации целесообразно внедрить систему обязательных продаж части валютной выручки экспортеров.

#### Список литературы

1. График котировок нефти // NEFTTRANS.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nefttrans.ru/info/quotes/gr.php> (дата обращения: 15.03.2015).
2. Дворец Н.Н., Шевелев А.Ю. Исследование зависимости курса рубля по отношению к доллару от цены на нефть // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 6–2. – С. 293-295.
3. Кудрин А.Л. Влияние доходов от экспорта нефтегазовых ресурсов на денежно-кредитную политику России // Вопросы экономики. – 2014. – № 3. – С. 4–19.

4. Официальные курсы валют на заданную дату, устанавливаемые ежедневно // CBR.RU: официальный сайт Центрального банка РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.cbr.ru/currency\\_base/daily.aspx?date\\_req=14.03.2015](http://www.cbr.ru/currency_base/daily.aspx?date_req=14.03.2015) (дата обращения: 14.03.2015).

5. Россия стала более зависимой от нефтегазовых доходов // RG.RU : ежедн. интернет-изд., 09.06.2014. – URL: <http://www.rg.ru/2014/06/09/dohodi-site-anons.html>.

6. Феклин В.Г., Шевелев А.Ю. Зависимость курса рубля по отношению к доллару от цены на нефть и ее связь с параметрами федерального бюджета // Современная математика и концепции инновационного математического образования: сб. ст. Всероссийской научно-методической конф. – М.: Изд. дом МФО, 2015. – С. 88–92.

#### References

1. Grafik kotirovok nefti // NEFTTRANS.RU: Internet – portal. (2015). Available at: <http://www.nefttrans.ru/info/quotes/gr.php> (accessed on the 15<sup>th</sup> of March 2015).
2. Dvoretz N.N., Shevelev A.Yu. Issledovanie zavisimosti kursa rublya po otnosheniyu k dollaru ot ceny na neft. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy, 2015, no. 6–2, pp. 293–295.
3. Kudrin A.L. Vliyanie dohodov ot ehksporta neftegazovykh resursov na denezhno-kreditnyuyu politiku Rossii. Voprosy Ekonomiki, 2014, no. 3, pp. 4–19.
4. Oficialnye kursy valyut na zadannuyu datu, ustanavliyaemye ezhdnevno // CBR.RU: official website of the Central Bank of the Russian Federation. (2015). Available at: [http://www.cbr.ru/currency\\_base/daily.aspx?date\\_req=14.03.2015](http://www.cbr.ru/currency_base/daily.aspx?date_req=14.03.2015) (accessed on the 14<sup>th</sup> of March 2015).
5. Rossiya stala bolee zavisimoy ot neftegazovykh dohodov. RG.RU: Everyday. Internet ed., the 9<sup>th</sup> of June 2014, available at: <http://www.rg.ru/2014/06/09/dohodi-site-anons.html>.
6. Feklin V.G., Shevelev A.Yu. Zavisimost kursa rublya po otnosheniyu k dollaru ot ceny na neft i ee svyaz s parametrami federalnogo byudzheta. Trudy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii «Sovremennaya matematika i kontseptsii innovatsionnogo matematicheskogo obrazovaniya» (Prog. of the scientific and methodological conference «Modern mathematics and concepts of innovative mathematical education»), Moscow, 2015, pp. 88–92.

#### Рецензенты:

Блинов А.О., д.э.н., профессор кафедры «Общий менеджмент», ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Москва;  
 Рудакова О.С., д.э.н., профессор кафедры «Банки и банковский менеджмент», ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Москва.

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ АПК РЕГИОНА

<sup>1</sup>Черданцев В.П., <sup>2</sup>Заглядова М.Х.

<sup>1</sup>НП ВПО «Прикамский социальный институт», Пермь, e-mail: psi.nayka@mail.ru;

<sup>2</sup>Пермский филиал института экономики УрО РАН, Пермь, e-mail: bialperm@yandex.ru

Развитие агропромышленного комплекса осуществляется под воздействием различных факторов ВТО, определение и изучение которых является ключевым в достижении эффективности управления АПК региона. Совершенствование управления развитием АПК региона в условиях ВТО предполагает организацию постоянно действующего мониторинга натуральных и стоимостных показателей импортируемых на территорию Пермского края и ввозимых из других регионов сельскохозяйственной продукции и продовольствия, особенно по потенциально конкурентоспособной товарной продукции региона, что позволяет оперативно принимать управленческие решения по защите регионального рынка, а также реализовать соответствующие упреждающие меры. Факторы, влияющие на эффективность управления развитием регионального агропромышленного комплекса, можно классифицировать на внешние и внутренние факторы прямого и косвенного воздействия. Новый формат экономических отношений диктует необходимость преобразований в управлении аграрной отрасли.

**Ключевые слова:** агропромышленный комплекс, сельское хозяйство, факторы, импортозамещение, управление развитием АПК в современных условиях, совершенствование управления

## THE FACTORS INFLUENCING MANAGEMENT EFFICIENCY OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX OF THE REGION

<sup>1</sup>Cherdantsev V.P., <sup>2</sup>Zaglyadova M.K.

<sup>1</sup>Prikamsky Social Institute, Perm, e-mail: psi.nayka@mail.ru;

<sup>2</sup>Perm branch of Institute of Economics, Ural branch of RAS, Perm, e-mail: bialperm@yandex.ru

The development of agriculture is under the influence of various factors the WTO, the definition and study of which is crucial in achieving efficient management of agribusiness in the region. Improving governance in the development of the agricultural sector in the WTO involves the organization of a permanent monitoring of natural and cost indexes imported into the territory of the Perm region and imported from other regions of agricultural products and food, especially in potentially competitive commercial products of the region, which allows operational management decisions for the protection of the regional market and the implementation of appropriate preventive measures. Factors affecting the efficiency of management of development of the regional agro-industrial complex can be classified into external and internal factors of the direct and indirect effects. The new format of economic relations dictates the need for change in the management of the agricultural sector.

**Keywords:** agro-industrial complex, agriculture, factors, import substitution, management of development of agrarian and industrial complex in modern conditions, improvement of management

Современный агропромышленный комплекс (АПК) – крупнейший межотраслевой комплекс, объединяющий несколько отраслей экономики, направленных на производство и переработку сельскохозяйственного сырья и получения из него продукции, доводимой до конечного потребителя. Это совокупность отраслей экономики страны, включающая сельское хозяйство и отрасли промышленности, тесно связанные с сельскохозяйственным производством, осуществляющие перевозку, хранение, переработку сельскохозяйственной продукции, поставку ее потребителям, обеспечивающие сельское хозяйство техникой, химикатами и удобрениями, обслуживающие сельскохозяйственное производство.

С учетом данного определения под развитием АПК можно понимать многоуровневый процесс перехода отраслей сельскохозяйственного производства, пере-

рабатывающей промышленности и материально-технического обеспечения, на базе имеющегося потенциала, к новому качеству, обеспечиваемому выделением принципов и постоянным совершенствованием методов управления.

Сложноорганизованная система управления АПК региона, состоящая из вертикально и горизонтально связанных элементов является подсистемой региональной экономики, встроенной во внешнюю среду.

Таким образом, управление региональным агропромышленным комплексом – в первую очередь система управления, ориентированная на адаптацию и интеграцию всех элементов агропроизводства к новым условиям хозяйствования; во вторую очередь на достижение конечных результатов как производственных, так и финансовых, позволяющих обеспечивать устойчивость всей системы сельскохозяйственного

производства с целью повышения экономической и продовольственной безопасности.

В условиях введения финансовых санкций и ограничения на ввоз на территорию Российской Федерации отдельных видов сельскохозяйственной продукции, сырья особого внимания требует вопрос о необходимости наращивания темпов роста сельскохозяйственной продукции с целью ускоренного импортозамещения.

Производство качественной продукции, удовлетворяющей запросам потребителей, снижение объемов импорта являются основными задачами экономического развития России на современном этапе. Следует задействовать все имеющиеся ресурсы импортозамещения.

Импортозамещение – это агропромышленная политика государства, направленная на защиту отечественного товаропроизводителя путем замены импортируемого агропродовольствия и сырья отечественными аналогами.

Для российского АПК необходимо создание благоприятных условий для динамичного развития производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия для ускоренного снижения зависимости внутреннего рынка от поставок импортной продукции.

Основным направлением развития сельского хозяйства на ближайшую перспективу, по словам председателя Правительства России Дмитрия Медведева, станет сокращение зависимости внутреннего продовольственного рынка России от импортных поставок мяса, молока и молочной продукции.

В ходе совещания премьер также подчеркнул, что серьезную помощь в этом могут оказать и крестьянские (фермерские) хозяйства. Уже в 2013 году 10% отечественной сельхозпродукции было произведено индивидуальными предпринимателями и фермерами, в животноводстве – порядка 5% [1].

Поддержка малых форм хозяйствования будет осуществляться как в рамках госпрограммы развития сельского хозяйства, так и госпрограммы экономического развития и инновационной экономики, в том числе в виде грантов начинающим фермерам и малым предприятиям (адресная поддержка).

Решение проблемы слабой логистической инфраструктуры на селе возложено на оптово-логистические центры, которые будут строиться с государственной поддержкой, не менее важной задачей будет максимальное упрощение доступа крестьянских хозяйств к услугам таких центров.

В Пермском крае по программе импортозамещения будет оказана дополнительная

помощь крестьянско-фермерским хозяйствам, которые специализируются на выращивании рыбы, овощей закрытого грунта, производстве сыров и отдельных видов мяса. Государство готово возмещать до 50% расходов на покупку оборудования по данным проектам, обещают в Минсельхозе [2].

В то же время внешние условия являются катализатором повышения конкурентоспособности аграрных производителей, эффективность которых будет обеспечиваться в первую очередь внедрением в практику новейших достижений науки, современных передовых технологий, инноваций, позволяющих снижать себестоимость сельскохозяйственного производства [5].

Преодоление негативных последствий, а также развитие позитивных моментов обуславливает необходимость выработки соответствующего эффективного механизма совершенствования управления развитием агропромышленного комплекса как России в целом, так и Пермского края и комплекса методических рекомендаций по реализации приоритетных направлений совершенствования управления развитием АПК региона, в системе оптимизации государственных мер, направленных на:

- улучшение общих условий функционирования агропромышленного комплекса региона, включая поддержку производства и реализации экспортно-способной сельскохозяйственной продукции и продовольствия, развитие логистики, реализации и прочей инфраструктуры, повышающей качество и снижение себестоимости товарной продукции, формирование условий, обеспечивающих инвестиционную привлекательность и финансовую устойчивость сельской экономики Пермского края;

- внедрение современных наукоемких и инновационных аграрных технологий, обеспечивающих переход АПК к VI технологическому укладу (нано- и биотехнологии), повышение производительности труда и эффективности использования природных ресурсов, что, в общем, обеспечит успешность технологической и технической ассимиляции агропромышленного комплекса к новым условиям хозяйствования;

- вовлечение неиспользованных сельскохозяйственных земель в оборот, рекультивация, мелиорация и прочие мероприятия, которые позволяют повысить общую эффективность сельскохозяйственной деятельности в регионе;

- диверсификация аграрной экономики и концентрация управленческого воздействия на развитии конкурентоспособных направлений сельскохозяйственного производства Пермского края;

– достижение устойчивого развития сельской местности региона, в том числе реализация соответствующих целевых программ как на федеральном, так и на региональном уровнях, что обеспечит не только снижение последствий экономических санкций, но и синергетический эффект за счет повышения качества жизни и благосостояния населения как в аграрной экономике, так и в общем секторе экономики Пермского края;

– увеличение доли собственного (регионального) производства сельскохозяйственной продукции и продуктов питания;

– импортозамещение сельскохозяйственной продукции, реализуемой на территории региона, конкурентоспособной продукцией местного производства;

– выявление внутренних факторов повышения конкурентоспособности агропромышленного комплекса Пермского края, ориентация на максимальное задействование экономического потенциала и производственных мощностей, оптимизация коммуникационных связей управления, привлечение внутренних и внешних инвестиций, повышение занятости в АПК региона и стимулирование работников в повышении эффективности и производительности труда.

В условиях открытого рынка управление агропромышленным комплексом Пермского края должно сконцентрироваться на обеспечении конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, заключающейся в достижении совокупности необходимых потребительских свойств, ценности и стоимости, которые обеспечат поступательное развитие внутрирегионального производства, а также эффективную интеграцию и адаптацию в глобальные рынки сельскохозяйственного сырья и продовольствия.

Организационно-методические аспекты управления развитием АПК региона в современных условиях выявляются во взаимосвязи объектов и субъектов менеджмента, представленных на рисунке.

Эффективность управления развитием АПК региона предполагает определение оптимальных решений в совокупности многовариантности разнообразия, обеспечивающих нужные качества при минимизации затрат.

Совершенствование управления развитием АПК региона в условиях Всемирной торговой организации предполагает организацию постоянно действующего мониторинга натуральных и стоимостных показателей импортируемых на территорию Пермского края и ввозимых из других регионов сельскохозяйственной продукции и продовольствия, особенно по потенциально конкурентоспособной товарной продукции региона (мясо-молочная продукция, корма, картофель), что позволяет оперативное принятие управленческих решений по защите регионального рынка, а также реализации соответствующих упреждающих мер.

Оценивая риски вступления России в ВТО, А. Анфиногенова отмечает, что обострение вопросов обеспечения продовольственной безопасности требует кардинальных изменений в управлении агропромышленным комплексом [3].

По результатам проведенного исследования факторов и их влияния на эффективность управления развитием АПК региона можно констатировать, что большинство факторов имеют неоднозначный характер воздействия и в условиях ВТО оказывают как благоприятное, так и негативное воздействие на устойчивость сельскохозяйственного производства Пермского края (таблица).



*Организационно-методические аспекты управления развитием АПК региона*

Факторы, влияющие на эффективность управления АПК региона к изменениям внешней среды

Благоприятные факторы	Негативные факторы
формирование баланса прав и обязательств зарубежных и российских агропроизводителей	снижение уровня продовольственной безопасности региона и России в целом (вследствие неограниченного импорта сельскохозяйственной продукции) и рисков уменьшения объемов производства в ряде отраслей АПК
улучшение условий доступа отечественной продукции на мировые рынки сельскохозяйственного сырья и продовольствия	низкая конкурентоспособность отечественного и регионального АПК, повышение зависимости отрасли от глобальных кризисов
создание равных условий конкуренции, обеспечивающих интенсивное и инновационное развитие, повышение качества и конкурентоспособности сельхозпродукции, а также регулирующих проблемы демпинговых воздействий и субсидированности регионального АПК	отсутствие институциональных рыночных инфраструктур (торгово-закупочная кооперация, оптовые продовольственные рынки и др.)
соблюдение межгосударственных тарифных уровней и снижение количественных ограничений импорта сельскохозяйственной продукции	сокращение государственного участия и регулирования производственных процессов в АПК
неограниченный доступ к межгосударственным институтам разрешения торговых споров	прогнозируемый научным сообществом и практиками спад отечественного сельскохозяйственного производства

В новых условиях хозяйствования стратегические задачи управления АПК заключаются не только в обеспечении сохранения современного уровня сельскохозяйственного производства и его развитии, но и получении максимального экономического эффекта от условий ВТО.

В современных условиях управление развитием агропромышленного комплекса региона – сложно-организационная структура, в основу эффективного функционирования которой должны быть положены следующие основные направления современного менеджмента АПК:

– агропроизводство, направленное на оптимизацию и развитие производственных процессов;

– научная организация сельскохозяйственного труда, ориентированная на выработку необходимых условий развития человеческого капитала, в том числе для обеспечения возможностей повышения эффективности и производительности труда;

– менеджмент развития АПК как совокупность технико-экономических и социальных средств, обеспечивающих целенаправленность управленческого процесса на технологическую и социальную сферы аграрного производства для получения максимального социально-экономического эффекта [4].

Эти направления могут быть успешно выполнены и выполняются в региональном агропромышленном комплексе Пермского края. Результатом реализации станет не только повышение производства внутрирегионального сельскохозяйственного продукта с целью ускорения процесса импортозамещения, развитие конкурентных преимуществ АПК Пермского края, а также эффективность управления развитием АПК региона для

устойчивого развития отечественного сельскохозяйственного производства, обеспечения экономической и продовольственной безопасности Российской Федерации.

**Список литературы**

1. Анфиногентова А.А., Яковенко Н.А. Теоретико-методологические проблемы инновационного развития агропродовольственного комплекса России // Экономика региона. – 2011. – № 4. – С. 87–109.
2. Новости – Правительство России [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/news/15264/>.
3. Портал Правительства Пермского края [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.permkrai.ru/>.
4. Пыткин А.Н., Заглядова М.Х. Проблемы управления развитием агропромышленного комплекса // Ars Administrandi. – 2013. – № 2. – С. 87–90.
5. Черданцев В.П., Тронина М.В. Современные управленческие структуры – основа инновационных процессов: монография. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО «Пермская ГСХА». 2012. – 145 с.

**References**

1. Anfinogentova A.A., Jakovenko N.A. Teoretiko-metodologicheskie problemy innovacionnogo razvitija agroprodovol'stvennogo kompleksa Rossii // Jekonomika regiona. 2011. no. 4. pp. 87–109.
2. Novosti Pravitel'stvo Rossii [jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://government.ru/news/15264/>.
3. Portal Pravitel'stva Permskogo kraja [jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.permkrai.ru/>.
4. Pytkin A.N., Zagljadova M.H. Problemy upravlenija razvitiem agropromyshlennogo kompleksa // Ars Administrandi. 2013. no. 2. pp. 87–90.
5. Cherdancev V.P., Tronina M.V. Sovremennye upravlencheskie struktury osnova innovacionnyh processov: monografiya. Perm: Izd-vo FGBOU VPO «Permskaja GSHA». 2012. 145 p.

**Рецензенты:**

Пыткин А.Н., д.э.н., профессор, директор Пермского филиала ФГБУН «Институт экономики» УрО РАН, г. Пермь;

Прудский В.Г., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой менеджмента, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь.