# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 10 2017
Часть 2
ISSN 1812-7339

**Журнал издается с 2003 г.**

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

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

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 33297

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

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

***Ответственный секретарь редакции***
*Бизенкова Мария Николаевна*

***РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ***

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

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

Все публикации рецензируются.
Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

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

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать 12.10.2017
Дата выхода номера 12.11.2017

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

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

Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 28,63
Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2017/10

© ИД «Академия Естествознания»

# СОДЕРЖАНИЕ

***Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)***

WEB-СЕРВИС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ИМИТАЦИОННЫМИ МОДЕЛЯМИ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

*Богданова В.Г., Пашинин А.А.* ..... *177*

СОЧЕТАНИЕ КОНЦЕПЦИЙ BLOCKCHAIN И IIOT КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Воронов М.П., Часовских В.П.* ..... *183*

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ АЗОТНОКИСЛОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ МИСКАНТУСА

*Гисматулина Ю.А.* ..... *189*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СТИМУЛИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА БИОСИНТЕЗ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРОДУЦЕНТОМ MEDUSOMYCES GISEVII SA-12

*Гладышева Е.К.* ..... *194*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ КАК ФАКТОР ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Диньмухаметова Л.С., Пояркова Е.В., Грехов А.А.* ..... *199*

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СЕЙСМИЧЕСКОЙ РАДОНОВОЙ СТАНЦИИ

*Долгий К.А., Белашев Б.З.* ..... *206*

ГАЗОДИНАМИКА ПОЛИДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ ЧАСТИЦ МЕЛОЧИ НЕФТЯНОГО КОКСА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ ТРУБЕ

*Иваненко А.Ю., Яблокова М.А., Георгиевский Н.В., Некрасов В.А.* ..... *212*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМПАЖА ТУРБОКОМПРЕССОРА В РЕЖИМАХ ЕГО ТОРМОЖЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМОЙ ЗАСЛОНКОЙ

*Игнатьев А.Г., Гриценко А.В., Бурцев А.Ю., Глемба К.В., Карпенко А.Г., Руднев В.В.* ..... *222*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Коробова Л.А., Гладких Т.В.* ..... *228*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ CO И $NO_X$ ПРИ НАЛОЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ НАПРЯЖЁННОСТИ НА ФАКЕЛ ПЛАМЕНИ

*Кочева М.А., Суворов Д.В.* ..... *233*

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

*Леканова Т.Л., Андронов А.В.* ..... *239*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМЕСИТЕЛЯ С ДЕФОРМИРУЕМОЙ КАМЕРОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

*Лозовая С.Ю., Лозовой Н.М., Рядинская Л.В., Пешков О.Г.* ..... *245*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В IT-СФЕРЕ

*Питухин Е.А., Тулаева А.И., Шабалина И.М.* ..... *250*

ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т, ПОДВЕРГНУТОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОМУ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

*Пушин В.Г., Мурышев Е.Ю., Белослудцева Е.С., Куранова Н.Н., Пушин А.В., Свирид А.Э., Уксусников А.Н., Ананьев А.И., Шевченко В.Г.* ..... 255

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ АНАТАЗА, ДОПИРОВАННОГО ОКСИДОМ ВОЛЬФРАМА

*Пячин С.А., Карпович Н.Ф., Зайцев А.В., Бурков А.А., Каминский О.И., Ермаков М.А.* ..... 261

ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЕВ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ РЕЗИСТОРОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ИОННО-ЛУЧЕВЫМ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ

*Родионов И.В., Перинский В.В., Перинская И.В., Куц Л.Е.* ..... 267

ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОММЕРЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РАСЧЕТА КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

*Ромашкова О.Н., Фролов П.А.* ..... 273

ПРИМЕНЕНИЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПОЛИАНИЛИНОМ

*Рухов А.В., Дьячкова Т.П., Аносова И.В.* ..... 278

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МИКРООБЪЕКТИВА ДЛЯ АДАПТАЦИИ ЕГО РАБОТЫ НА РАЗЛИЧНЫХ МИКРОСКОПАХ

*Семёнов А.В., Табачков А.Г., Дырдина В.Ю., Фролов Д.Н.* ..... 284

СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Сокольская М.К., Колосова А.С., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С.* ..... 290

ОПТИМИЗАЦИЯ ПУТИ В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

*Тарасян В.С., Полушкин А.Я.* ..... 296

***Экономические науки (08.00.00)***

ВЛИЯНИЕ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ЭКОНОМИКУ РФ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Базаров Р.Т., Синетова Р.Г., Басырова Э.И., Тишкина Т.В.* ..... 301

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ, РАЗМЕЩЕНИЯ И ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АПК СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

*Бессонова Е.В., Утенкова Т.И.* ..... 306

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНА

*Веретенников А.И., Владыка М.В.* ..... 311

АУТСОРСИНГ ЗАРУБЕЖНЫХ УСЛУГ ИСПЫТАНИЙ, ЭКСПЕРТИЗЫ И СЕРТИФИКАЦИИ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

*Гайрбеков М.С., Чаплаев Х.Г.* ..... 316

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНЕ
*Галикеев Р.Н., Гатауллин Р.Ф., Ахметов В.Я.* ..... *323*

ЭКСПОРТНЫЙ КОНТРОЛЬ В СИСТЕМЕ ЗАПРЕТОВ И ОГРАНИЧЕНИЙ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ ТОВАРАМИ
*Гурова Е.С., Безуглов Д.А., Краславская Г.И.* ..... *328*

ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫЕ УСЛУГИ В УСЛОВИЯХ УГЛУБЛЕНИЯ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И УРОКИ
*Джураева С.С.* ..... *334*

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА УРОВНЕ РЕГИОНА
*Ембулаев В.Н., Тонких А.И.* ..... *339*

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ
*Жердев С.С.* ..... *344*

HR-МАРКЕТИНГ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
*Иванов Н.П., Малкина Л.В.* ..... *351*

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) ПРИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ВАЛОВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА
*Иванова А.Е., Павлов Н.В., Петрова Т.Н.* ..... *358*

ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА
*Кайгородцев А.А.* ..... *363*

НАЛОГОВОЕ АДМИНИСТРИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА
*Каледин С.В., Бархатов В.И., Капкаев Ю.Ш., Шестакова Е.В.* ..... *367*

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЕДИНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЛОГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ В РОССИИ
*Кипкеева А.М., Боташева Ф.Б.* ..... *370*

ЦЕПОЧКИ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА СЫРЬЕВОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ
*Никитенко С.М., Гоосен Е.В., Пахомова Е.О., Колеватова А.В.* ..... *375*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАСХОДОВ НА ТОПЛИВО НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ПРОГРАММУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ
*Осецкая М.М., Жердев Г.М., Алленых М.А.* ..... *381*

МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ УМНОГО ГОРОДА
*Саак А.Э., Тюшняков В.Н., Пахомов Е.В.* ..... *387*

ОЦЕНКА МОТИВОВ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И УСЛОВИЙ ТРУДА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА
*Сапегина С.Г., Куклинов М.Л.* ..... *392*

## CONTENTS

***Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)***

WEB-SERVICE FOR CONDUCTING EXPERIMENTS WITH SIMULATION MODELS OF QUEUING SYSTEMS
*Bogdanova V.G., Pashinin A.A.* ..... *177*

COMBINATION OF BLOCKCHAIN AND IIOT AS A FACTOR OF IMPROVING THE ENTERPRISE EFFICIENCY
*Voronov M.P., Chasovskikh V.P.* ..... *183*

DEVELOPMENT OF RATIONAL CONDITIONS OF THE NITRIC ACID PROCESS FOR MISCANTHUS PULPING
*Gismatulina Yu.A.* ..... *189*

EFFECT OF DIFFERENT STIMULATING ADDITIVES ON BACTERIAL CELLULOSE BIOSYNTHESIS BY MEDUSOMYCES GISEVII SA-12
*Gladysheva E.K.* ..... *194*

TECHNOLOGICAL HEREDITY AS A FACTOR IN RESILIENCY EQUIPMENT FOR TRANSPORT OF OIL AND OIL PRODUCTS
*Dinmukhametova L.S., Poyarkova E.V., Grekhov A.A.* ..... *199*

HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF SEISMIC RADON STATION
*Dolgiy K.A., Belashev B.Z.* ..... *206*

GASDYNAMICS OF A POLYDISPERSE SYSTEM OF PARTICLES OF FINES PETROLEUM COKE IN A VERTICAL PNEUMATIC CONVEYING PIPE
*Ivanenko A.Yu., Yablokova M.A., Georgievskiy N.V., Nekrasov V.A.* ..... *212*

INVESTIGATION OF SURGING TURBOCHARGER IN THE MODES OF ITS BRAKING BY AN ADJUSTABLE DAMPER
*Ignatev A.G., Gritsenko A.V., Burtsev A.Yu., Glemba K.V., Karpenko A.G., Rudnev V.V.* ..... *222*

COMPUTER MODELING OF THE PROCESS PRODUCTION OF POWDER MATERIALS
*Korobova L.A., Gladkikh T.V.* ..... *228*

EXPERIMENTAL INVESTIGATION TO REDUCE EMISSIONS OF CO AND $NO_x$ WHEN APPLYING AN ELECTRIC FIELD OF NEGATIVE VOLTAGE TO FLAME
*Kocheva M.A., Suvorov D.V.* ..... *233*

PRACTICAL RECOMMENDATIONS ON THE USE OF WOOD WASTE FOR ELECTRICITY PRODUCTION
*Lekanova T.L., Andronov A.V.* ..... *239*

THEORETICAL BASES OF CALCULATION OF POWER CHARACTERISTICS OF THE MIXER WITH THE DEFORMABLE CAMERA OF THE CYLINDRICAL FORM
*Lozovaya S.Yu., Lozovoy N.M., Ryadinskaya L.V., Peshkov O.G.* ..... *245*

THE DEVELOPMENT OF SYSTEM FOR CLASSIFICATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES IN IT-SPHERE
*Pitukhin E.A., Tulaeva A.I., Shabalina I.M.* ..... *250*

THE EFFECT OF HIGH FREQUENCY HYDRODYNAMIC EXPUSRE OF ON STRUCTURAL HIGH PRESSURE AND PHASE TRANSFORMATIONS IN STAINLESS STEEL 12X18H10T
*Pushin V.G., Muryshev E.Yu., Belosludtseva E.S., Kuranova N.N., Pushin A.V., Svirid A.E., Uksusnikov A.N., Ananev A.I., Shevchenko V.G.* ..... *255*

HYDROTHERMAL SYNTHESIS AND PHOTOCATALYTIC ACTIVITY
OF ANATASE DOPED WITH TUNGSTEN OXIDE

*Pyachin S.A., Karpovich N.F., Zaytsev A.V., Burkov A.A., Kaminskiy O.I., Ermakov M.A.* ..... *261*

IMPROVEMENT OF ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS
OF ARSENIDE GALLIUM LAYERS OF THE RESISTORS OF INTEGRATED
SCHEMES BY ION-RADIATION MODIFICATION

*Rodionov I.V., Perinskiy V.V., Perinskaya I.V., Kuts L.E.* ..... *267*

EFFECTIVE MANAGEMENT OF A COMMERCIAL ORGANIZATION
WITH THE USE OF THE TECHNOLOGY OF CALCULATION
OF KEY PERFORMANCE INDICATORS

*Romashkova O.N., Frolov P.A.* ..... *273*

APPLICATION OF THE DECISION OF THE INVERSE PROBLEM OF MATHEMATICAL
MODELING OF THE HEAT EXCHANGE PROCESS FOR STUDYING KINETICS
OF THE PROCESSES OF MODIFICATION OF THE SURFACE
OF CARBON NANOTUBES WITH POLYANINE

*Rukhov A.V., Dyachkova T.P., Anosova I.V.* ..... *278*

UPGRADING THE DESIGN OF MICROOBJECTIVE TO ADAPT HIS WORK
TO DIFFERENT MICROSCOPES

*Semenov A.V., Tabachkov A.G., Dyrdina V.Yu., Frolov D.N.* ..... *284*

BINDERS TO OBTAIN THE MODERN POLYMER COMPOSITE MATERIALS

*Sokolskaya M.K., Kolosova A.S., Vitkalova I.A., Torlova A.S., Pikalov E.S.* ..... *290*

PATH'S OPTIMIZATION IN INHOMOGENEOUS ENVIRONMENT

*Tarasyan V.S., Polushkin A.Ya.* ..... *296*

***Economic sciences (08.00.00)***

THE IMPACT OF ANTI-CRISIS MANAGEMENT OF ENTERPRISES ON THE ECONOMY
OF THE RUSSIAN FEDERATION IN MODERN CONDITIONS

*Bazarov R.T., Sinetova R.G., Basyrova E.I., Tishkina T.V.* ..... *301*

DEVELOPMENT OF CRITERIA FOR EVALUATION OF SPECIALIZATIONS,
THE PLACEMENT AND STATE REGULATION OF AGRICULTURAL
COMPLEX OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT

*Bessonova E.V., Utenkova T.I.* ..... *306*

EVALUATION OF THE DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF SMALL BUSINESS
IN THE PROCESSING INDUSTRY OF THE REGION

*Veretennikov A.I., Vladyka M.V.* ..... *311*

THE OUTSOURCING OF FOREIGN SERVICES OF TESTING, INSPECTION
AND CERTIFICATION AS A FACTOR OF INCREASING THE INVESTMENT
ATTRACTIVENESS OF THE REGIONAL ECONOMY

*Gayrbekov M.S., Chaplaev Kh.G.* ..... *316*

PROBLEMS OF IMPROVING THE LAND-USE MECHANISM IN THE REGION

*Galikeev R.N., Gataullin R.F., Akhmetov V.Ya.* ..... *323*

EXPORT CONTROL IN THE SYSTEM OF PROHIBITIONS AND RESTRICTIONS
OF FOREIGN TRADE

*Gurova E.S., Bezuglov D.A., Kraslavskaya G.I.* ..... *328*

HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE CONDITIONS OF INTENSIFICATION OF MARKET RELATIONS: FOREIGN EXPERIENCE AND LESSONS
*Dzhuraeva S.S.* ..... *334*

FORMALIZATION OF MANAGEMENT TASKS IN COAL INDUSTRY IN THE REGION
*Embulaev V.N., Tonkikh A.I.* ..... *339*

UNIVERSAL EVALUATION OF TECHNOLOGY LEVEL OF ENTERPRISE
*Zherdev S.S.* ..... *344*

HR-MARKETING IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF A MODERN MEDICAL ORGANIZATION
*Ivanov N.P., Malkina L.V.* ..... *351*

ENERGY INTENSITY OF THE SAKHA REPUBLIC ECONOMY WITH STRUCTURAL CHANGES IN THE GROSS REGIONAL PRODUCT
*Ivanova A.E., Pavlov N.V., Petrova T.N.* ..... *358*

PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP AS ECONOMIC MECHANISM OF INNOVATIVE BUSINESS
*Kaygorodtsev A.A.* ..... *363*

TAX ADMINISTRATION OF SMALL BUSINESSES
*Kaledin S.V., Barkhatov V.I., Kapkaev Yu.Sh., Shestakova E.V.* ..... *367*

THE MAIN PROBLEMS OF THE APPLICATION OF THE UNIFIED AGRICULTURAL TAX AGRICULTURAL PRODUCERS IN RUSSIA
*Kipkeeva A.M., Botasheva F.B.* ..... *370*

THE VALUE CHAINS AS AN INSTRUMENT OF ECONOMY DEVELOPMENT IN THE REGION OF RAW-MATERIAL ORIENTATION
*Nikitenko S.M., Goosen E.V., Pakhomova E.O., Kolevatova A.V.* ..... *375*

ESTIMATION OF FUEL COST IMPACT ON ENERGY ENTERPRISES PRODUCTION PROGRAM IN RUSSIA
*Osetskaya M.M., Zherdev G.M., Allenykh M.A.* ..... *381*

INFORMATION AND TECHNOLOGICAL STRUCTURE MODELS OF SMART CITY
*Saak A.E., Tyushnyakov V.N., Pakhomov E.V.* ..... *387*

THE MOTIVES' ASSESSMENT OF THE LABOR ACTIVITY AND WORKING CONDITIONS OF THE HIGHER SCHOOL TEACHERS IN EKATERINBURG
*Sapegina S.G., Kuklinov M.L.* ..... *392*

УДК 004.42/.4'2/.771

# WEB-СЕРВИС ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ИМИТАЦИОННЫМИ МОДЕЛЯМИ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

**Богданова В.Г., Пашинин А.А.**

*Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, Иркутск, e-mail: apcrol@gmail.ru*

Рассматривается применение инструментальных средств автоматизации разработки сервис-ориентированных приложений для создания сервиса исследования систем массового обслуживания (СМО) с помощью имитационного моделирования в распределенной вычислительной среде. Сервис предназначен для выполнения имитационной модели на всевозможных сочетаниях значений входных варьируемых параметров модели из области допустимых значений и последующего многокритериального выбора значений наблюдаемых переменных, получаемых в процессе имитационного моделирования. Сервис обеспечивает прозрачный доступ к вычислительным ресурсам, web-интерфейс для постановки задачи, генерацию, распределение и мониторинг потока заданий, возникающих при варьировании параметров имитационной модели СМО. Рассмотрены режимы, способы и средства декомпозиции варьируемого множества параметров. Приведены схема разработки композитного сервиса и варианты его развертывания на вычислительных ресурсах. Описан процесс выполнения имитационной модели с помощью этого сервиса.

**Ключевые слова: сервис имитационного моделирования, средства автоматизации, многовариантные расчеты**

# WEB-SERVICE FOR CONDUCTING EXPERIMENTS WITH SIMULATION MODELS OF QUEUING SYSTEMS

**Bogdanova V.G., Pashinin A.A.**

*Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: apcrol@gmail.ru*

Tools for automating the development of service-oriented applications is considered. The composite service for the investigation of queuing systems using simulation modeling in a distributed computing environment is implemented through these tools. This service is intended for execution of the simulation model on all possible combinations of values of input variable model parameters from the range of admissible values and the subsequent multi-criterion selection of the observed variables values obtained in the process of simulation. This service provides transparent access to computing resources, a web-based interface for the problem formulation, the generation, the distribution and monitoring of the task flows that arise when the simulation model parameters are varied. Regimes, methods and means for decomposition of a parameters variable set are considered. The scheme of the composite service development and variants of its deployment on computational resources are given. The process of simulation model execution with the help of this service is described.

**Keywords: simulation modeling service, automation tools, multivariate computations**

Сравнительный анализ систем имитационного моделирования [1] дает возможность определения дальнейшего направления исследований в отношении разработки инструментальных средств автоматизации проведения имитационных экспериментов на основе современных технологий. В настоящее время активно развивается тенденция привлечения технологии распределенных и облачных вычислений для имитационного моделирования сложных систем массового обслуживания (СМО). Интеграция имитационного моделирования с интернет-технологиями привела к появлению концепции web-моделирования (Web-based simulation, WBS), преимущества и недостатки которого по сравнению с классическими системами моделирования рассматриваются в обзорной работе [2]. В этой же работе рассматривается возможность применения ряда технологий и архитектурных решений, в частности SOA, для WBS. В работе [3] дается всесторонний обзор сервис-ориентированных инструментальных средств имитационного моделирования и делается вывод, что, хотя в этой области достигнут значительный прогресс, многие проблемы, в частности автоматизация создания, совместимость, повторное использование, оркестровка и хореография сервисов, требуют дальнейшего исследования. В работе [4] рассматривается модель облачных вычислений Simulation Software-as-a-Service (SimSaaS), в рамках которой программные средства имитационного моделирования предоставляются как услуга. В [5] отмечается, что параллельное и распределенное имитационное моделирование эволюционировало за последние десятилетия, однако в настоящее время в этой области возникают новые задачи, в частности обеспечение возможности про-

ведения широкодоступного распределенного моделирования посредством упрощения для конечного пользователя доступа к специализированным системам разработки таких моделей и исполнению этих моделей в распределенных и облачных средах. В [6] отмечается, что перспективным направлением решения подобных задач является применение современных интеллектуальных информационных технологий. Такая тенденция актуализирует разработку инструментальных средств, автоматизирующих возможность использования потенциала высокопроизводительных вычислений.

Настоящая статья посвящена дальнейшему развитию исследований, связанных с автоматизацией многовариантных расчетов для декомпозируемых вычислительных задач в рамках сервис-ориентированного подхода, изложенного в [7]. Целью исследования является разработка и реализация новой версии сервиса имитационного моделирования систем массового обслуживания (СМО) на основе платформы HPCSOMAS Framework [8]. Этот сервис (Simulation of Queuing Systems, SimQS) предназначен для выполнения имитационной модели в среде GPSS WORLD на всевозможных сочетаниях значений входных варьируемых параметров модели из области допустимых значений и последующего многокритериального выбора [10] значений наблюдаемых переменных, получаемых в процессе имитационного моделирования. SimQS не является монолитным приложением, а реализован в виде набора сервисов. Управление их взаимодействием в процессе имитационного моделирования осуществляется с помощью предоставляемых платформой специализированных системных сервисов (далее – сервисов логики выполнения).

## Создание сервиса на основе HPCSOMAS Framework

Сервис-ориентированное приложение (композитный сервис), разработанное на основе HPCSOMAS Framework (рис. 1), содержит служебные агенты-сервисы, использующиеся при выполнении запроса пользователя и предметно-ориентированные вычислительные агенты-сервисы, реализующие методы исследования математических моделей предметной области (ПО). Служебные сервисы предназначены для выполнения функций управления выполнением композитного сервиса, управления данными пользователя, организации взаимодействия с пользователем. Эти сервисы не зависят от предметной области, реализованы на основе соответствующих классов библиотеки создания агентов-сервисов, имеют схему описания на языке JSON, являются повторноиспользуемыми. Вычислительные сервисы являются атомарными или композитными, состоящими из набора атомарных и вложенных композитных сервисов.

Расчетная схема, соответствующая композитному сервису, описывает план проведения вычислительного эксперимента для решения конкретной задачи ПО, строится на основе вычислительной модели ПО и задает логику выполнения композиции подзадач, каждой из которых соответствует вычислительный модуль или вложенная расчетная схема. В [11] приведены шаблоны расчетов, соответствующие типовым подзадачам, возникающим в процессе вычислительных экспериментов. Основу описания расчетных схем составляют шаблоны типовых подзадач, которым соответствуют следующие базовые виды расчета: последовательный, параллельный, альтернативный, статический многовариантный, динамический многовариантный, итеративный и составной, который может включать как перечисленные типы расчетов, так и вложенный составной расчет.

При параллельном выполнении многовариантных расчетов в среде HPCSOMAS используется декомпозиция по данным, выполняемая в статическом режиме (когда декомпозируемое множество данных известно заранее) или в динамическом, когда декомпозируемое множество строится в процессе решения задачи. Применяемые способы декомпозиции сформировались в результате опыта разработки сервис-ориентированных приложений для решения задач параметрического синтеза стабилизирующей обратной связи для динамических управляемых систем и задач булевой выполнимости [8, 12–14] и основаны на построении расчетной сетки варьируемых с некоторым шагом и в заданных границах параметров, задании битовой маски (в случае, когда в переборе вариантов участвует только часть параметров, указать которые нельзя регулярным способом) или списка, когда области допустимых значений параметров имеют разную структуру. Для параллельного выполнения многовариантных расчетов на основе функционального параллелизма применяется способ декомпозиции по заданному набору альтернативных элементов, например набору программ, реализующих разные методы решения задачи на одних и тех же исходных данных.

Механизмы декомпозиции заложены в служебные сервисы логики выполнения, реализующие шаблоны схем многовариантных расчетов. При создании композитного сервиса они встраиваются в последовательность вычислительных сервисов. Сервисы

логики выполнения в процессе интерпретации расчетной схемы распределяют подзадачи на вычислительные слои, в которых они могут выполняться последовательно или параллельно в зависимости от соответствующего подзадаче шаблона расчета. При реализации SimQS использованы три таких сервиса: сервис создания вычислительного слоя (CREATE PLATER XXX), сервис условия выполнения элемента слоя (CONDITION XXX) и сервис снятия вычислительного слоя (DELETE PLAYER). Обозначение «XXX» для каждого способа декомпозиции заменяется значениями модификаторов. При создании вычислительного слоя первый модификатор связан с режимом декомпозиции, второй зависит от способа декомпозиции, третий показывает, все ли элементы вычислительного слоя должны быть выполнены. Сервис создания вычислительного слоя используется совместно с сервисом условия выполнения элемента слоя. Для сервиса условия модификаторы имеют другой смысл: тип условия, вид операции отношения, установка флага прекращения выполнения оставшихся подзадач при получении решения для одного из вариантов или синхронизации для выполнения всех элементов слоя (таблица).

С помощью сервисов логики выполнения схема SimQS описывается следующим образом:

1. CREATE PLAYER SLA (TAB, TABPROC1).
2. GPSS RUN.
3. CONDITION LTW.
4. JOIN.
5. DELETE PLAYER.
6. JRA.

В первой строке создается параллельный вычислительный слой для статического многовариантного расчета, осуществляется генерация вариантов для подзадач слоя (в скобках заданы параметры – способ представления списка параметров в интерфейсе пользователя (макроконстанта TAB) и вид обработчика табличных данных (макроконстанта TABPROC1). Во второй строке запускается сервис исполнения имитационной модели для варианта расчета, в третьей строке стоит сервис синхронизации завершения выполнения всех подзадач, в четвертой объединяются отчеты, полученные при прогоне вариантов, в пятой снимается вычислительный слой, в шестой выполняется сервис, анализирующий результаты моделирования с использованием методологии многокритериального выбора.

Развертывание приложения на ресурсах можно производить на основе технологии как тонкого клиента, так и толстого клиента (рис. 2). На ресурсах устанавливается hpcsomas-агент. Доступ к сервису осуществляется через web-браузер.

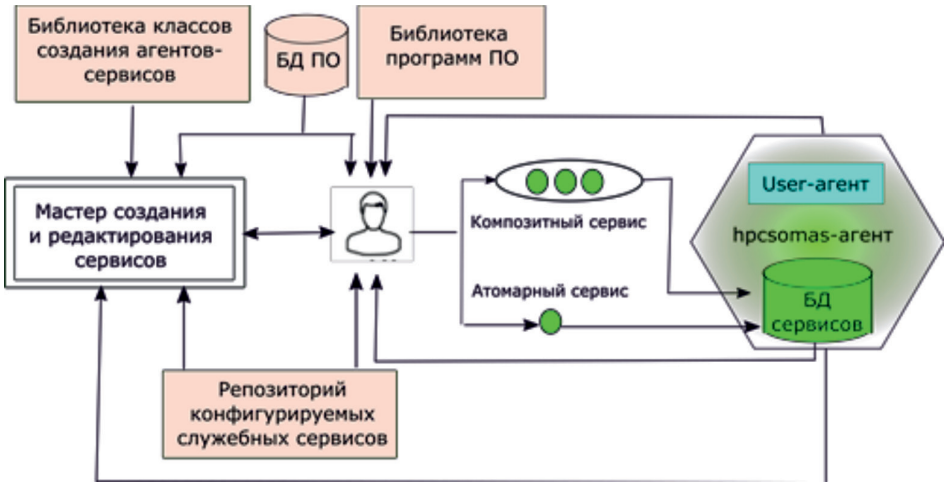



*Рис. 1. Разработка композитного сервиса на основе платформы HPCSOMAS*

Модификаторы сервисов логики выполнения

| Сервис | X | X | X |
|---|---|---|---|
| CREATE PLAYER | Static/Dynamic<br>S\|D | Grid/Mask/List/Set<br>G\|M\|L\|S | All elements/Part<br>A\|P |
| CONDITION | Arithmetical/Logical<br>A\|L | EQ/NE/GT/LT/True<br>E\|N\|G\|L\|T | Delete Layer/Wait<br>D\|W |

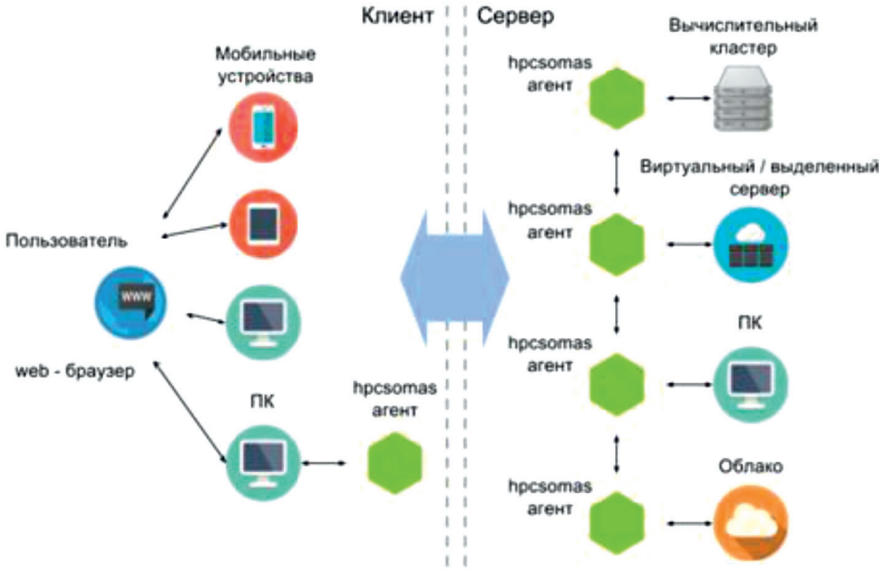



*Рис. 2. Развертывание композитного сервиса на вычислительных ресурсах*

Для развертывания сервиса на ресурсах Иркутского научного центра [15] использовалась технология тонкого клиента.

### Выполнение имитационной модели сервисом SimQS

Пользователь выбирает модель с помощью сервиса файлового менеджера, web-интерфейс которого представлен на рис. 3. Если модель отсутствует в пространстве пользователя на сервере, ее можно загрузить с внешнего ресурса с помощью кнопок в нижней части формы «Выберите файл» и «Загрузить». Дополнительные файлы модели вводятся аналогично. Если постановка задачи осуществляется первый раз, должны быть введены связанные с моделью варьируемые входные параметры и наблюдаемые переменные. В web-интерфейсе сервиса SimQS для ввода этих данных используются табличные элементы управления. Шаблон постановки задачи с введенными входными данными может быть сохранен, тогда при повторном исполнении модели можно загрузить (и отредактировать) сохраненную ранее постановку задачи. Для выполнения имитационной модели нужно нажать кнопку на web-интерфейсе сервиса SimQS «Создать задание». После завершения задания на вкладке «Результаты» web-интерфейса hpcsomas-агента можно получить и просмотреть итоговый отчет «report.txt» (рис. 3).

Приведенные на рис. 3 результаты получены с помощью многокритериального выбора на основе метода лексикографического упорядочения, примененного к объединенным отчетам, полученным в результате выполнения модели для каждого сочетания варьируемых параметров. Список вариантов доступен на вкладке «Результаты» по команде «information (i)», открывающей окно просмотра характеристик задачи. При описании примера работы сервиса SimQS использовалась имитационная модель рефрижераторного склада, описанная в [9].

### Заключение

В статье рассмотрено применение инструментальных средств автоматизации построения и поддержки функционирования предметно-ориентированных композитных сервисов. Предложены способы декомпозиции, реализованные на основе включения агентов-сервисов логики выполнения в состав композитного сервиса. Рассмотрен пример создания на основе такого подхода сервиса для выполнения имитационной модели и анализа результатов моделирования в распределенной вычислительной среде. Сервис существенно упрощает проведение экспериментов для конечного пользователя, обеспечивая прозрачный доступ к ресурсам высокопроизводительной вычислительной среды, организацию многовариантных расчетов, включая генерацию вариантов и управление параллельным выполнением подзадач на основе мультиагентного подхода.

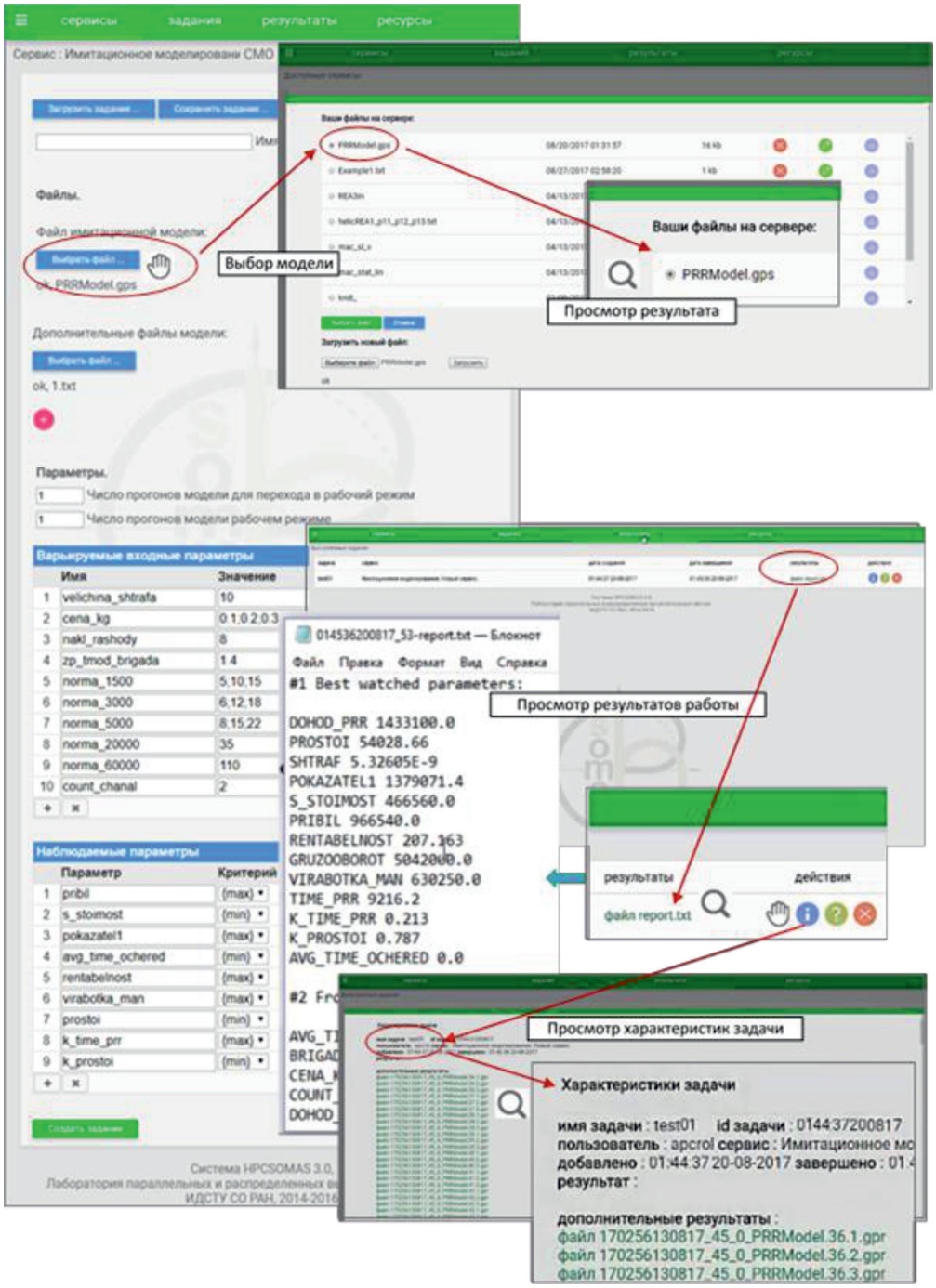



*Рис. 3. Выполнение имитационной модели PRRModel средствами сервиса SimQS*

*Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 15-29-07955-офи_м и при частичной поддержке Программы 1.33П фундаментальных исследований Президиума РАН, проект «Разработка новых подходов к созданию и исследованию моделей сложных информационно-вычислительных и динамических систем с приложениями» и Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-8081.2016.9).*

### Список литературы

1. Феоктистов А.Г. Инструментальные средства имитационного моделирования предметно-ориентированных распределенных вычислительных систем / А.Г. Феоктистов, А.С. Корсуков, Ю.А. Дядькин // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – № 4. – С. 30–60. URL: http://sccs.intelgr.com/archive/2016-04/02-Feoktistov.pdf (дата обращения: 04.09.2017).

2. Byrne J., Heavey C., Byrne P.J. A review of Web-based simulation and supporting tools // Simulation Modelling Practice and Theory. – 2010. – vol. 18, no. 3. – P. 253–276.

3. Tsai W.-T., Li W., Sarjoughian H., Shao Q. SimSaaS: simulation software-as-a-service. Proceedings of the 44th Annual Simulation Symposium. – 2011. – P. 77–86.

4. Azevedo T., Rossetti R.J.F., Barbosa J.G. Densifying the sparse cloud SimSaaS: The need of a synergy among agent-directed simulation, SimSaaS and HLA. https://arxiv.org/abs/1601.08116 (accessed 04.09.2017).

5. Fujimoto R. M. Research Challenges in Parallel and Distributed Simulation // ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation. – 2016. – vol. 26, no. 4. – P. 22:1–22:29.

6. Плотников А. М. Анализ современного состояния и тенденции развития имитационного моделирования в Российской Федерации (по материалам конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД)) / А.М. Плотников и др. // Тр. СПИИРАН. – 2013. – № 25. – С. 42–112.

7. Богданова В.Г. Инструментальные средства автоматизации многовариантных расчетов при исследовании систем массового обслуживания / В.Г. Богданова, А.А. Пашинин // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 9–3. – С. 467–472.

8. Bychkov I.V., Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A., Gorsky S.A. Automation Development Framework of Scalable Scientific Web Applications Based on Subject Domain Knowledge. Proc. of the 14th International Conference on Parallel Computing Technologies // LNCS. – 2017. – vol. 10421. – P. 278–288.

9. Toolkit for Simulation Modeling of Logistics Warehouse in Distributed Computing Environment / I. Bychkov et al. // Информационные технологии и нанотехнологии: Сб. тр. III Междунар. конф. и молодежной шк. Самара: Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2017. – С. 1106–1111.

10. Феоктистов А.Г. Управление сложной системой на основе методологии многокритериального выбора управляющих воздействий / А.Г. Феоктистов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9–1. – С. 82–86.

11. Прохоров А.А. Шаблоны инженерных и научных расчетов / А.А. Прохоров, А.М. Назаренко, А.В. Давыдов. URL: http://ceur-ws.org/Vol-1787/403-409-paper-70.pdf. (дата обращения: 04.09.2017).

12. Bychkov I., Oparin G., Feoktistov A., Bogdanova V., Sidorov I. The Service-Oriented Multiagent Approach to High-Performance Scientific Computing. Proc. of the Sixth Conference on Numerical Analysis and Applications // LNCS. – 2017. – vol. 10187. – P. 261–268.

13. Oparin G., Feoktistov A., Bogdanova V., Sidorov I. Automation of multi-agent control for complex dynamic systems in heterogeneous computational network // AIP Conference Proceedings. – 2017. – vol. 1798. – P. 020117-1–020117-10. URL: http://doi.org/10.1063/1.4972709 (accessed 04.09.2017).

14. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Gorsky S.A. Pashinin A.A. Service-oriented application for parallel solving the Parametric Synthesis Feedback problem of controlled dynamic systems. Proc. of the 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronic. – 2017. – P. 353–358. URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7973448&isnumber=7973374.

15. Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН. URL: http://hpc.icc.ru/ (дата обращения: 28.08.2017).

УДК 681.518

# СОЧЕТАНИЕ КОНЦЕПЦИЙ BLOCKCHAIN И IIOT КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

**Воронов М.П., Часовских В.П.**

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, e-mail: mstrk@yandex.ru*

Появление новых информационных и цифровых технологий стимулировало развитие концепции IIoT – «Индустриальный интернет вещей» и тем самым изменило внешнюю среду предприятий. Предприятия получили возможность предоставлять определенные этапы технологических, управленческих, организационных, информационных и прочих процессов во внешнее управление, при этом осуществляя плату не за количество полученных материальных ценностей и услуг, а за «надежность» в единицу времени, т.е. стабильность работы оборудования или его составных частей, своевременность вырабатываемых финансовых и управленческих решений. Технологии облачных и туманных вычислений в настоящий момент являются основным средством функционирования IIoT. Мы считаем, что эффективность деятельности предприятий может быть дополнительно существенно повышена за счет использования технологии blockchain при проведении облачных вычислений. В рамках данной работы описываются цифровые и информационные технологии, реализующие концепцию IIoT, а также разрабатывается функциональная модель реализации концепции IIoT посредством использования технологии blockchain.

**Ключевые слова: IIoT, blockchain, индустриальный интернет вещей, технология блокчейн, цифровая экономика, экономика по результату**

# COMBINATION OF BLOCKCHAIN AND IIOT AS A FACTOR OF IMPROVING THE ENTERPRISE EFFICIENCY

**Voronov M.P., Chasovskikh V.P.**

*Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, e-mail: mstrk@yandex.ru*

The emergence of the new information and digital technologies stimulated the development of the concept IIoT – «Industrial Internet of things» and thereby has changed the external environment of the enterprises. Now, enterprises are able to provide certain stages of technological, managerial, organizational, information and other processes by the external efforts, while paying fees not for the quantity of material goods and services they received, but for «reliability» per unit of time, i.e. for stability of the equipment or its components, effectiveness of financial and management decisions. Cloud and fog technologies are currently the main means of IIoT functionality. We believe that the efficiency of enterprises can be additionally significantly enhanced by using blockchain technology for cloud computing. Within this work the digital and information technologies that implement the IIoT concept are described, and a functional model for implementing the IIoT concept through the use of blockchain technology is developed.

**Keywords: IIoT, blockchain, industrial internet of things, blockchain technology, digital economy, outcome economy**

Развитие новых цифровых и информационных технологий определило возможности дальнейшего развития предприятий. Появление концепции «Индустриальный интернет вещей» (IIoT), позволяющей избегать множества финансовых, организационных, административных и прочих посредников сферы услуг и переводить ряд продуктов и услуг в разряд нематериальных, позволило предприятиям оптимизировать производственные и управленческие процессы с одновременным сокращением затрат на них.

Также актуальным направлением для исследований в настоящее время является цифровая экономика и, в частности, blockchain – технология, составляющая ее основу.

Поскольку в РФ концепция IIoT и технология blockchain являются пока малоизученными, считаем основной целью данной работы – на основе анализа цифровых и информационных технологий, реализующих концепцию IIoT, и особенностей функционирования промышленного предприятия в рамках концепции IIoT, определить потенциальные возможности применения технологии blockchain при обработке информационных потоков для повышения эффективности деятельности предприятия, функционирующего в условиях концепции IIoT.

Основными цифровыми и информационными технологиями, реализующими концепцию IIoT, являются [1]:

1. Миниатюрные сенсоры. Малый размер сенсоров (в некоторых случаях размером с песчинку) позволяет встраивать их в любую конфигурацию оборудования, практически в любой его части, а также в упаковку продуктов, одежду и даже физические тела людей и животных. Это дает толчок развитию мультисенсорных систем, включая одноплатные системы (SoB) и однокристальные системы (SoC).

2. Кибер-физические системы (CPS) – комбинация вычислительных усилий, сетей и физических процессов. Такие системы позволяют строить «интеллектуальные производственные линии», выполняющие несколько производственных процессов на

основе обеспечения взаимодействия компонентов линии друг с другом и с производимым продуктом.

3. Беспроводные технологии и IP-мобильность. Развитие беспроводных технологий позволяет обеспечивать непрерывность поступления данных с сенсоров, а также высокую степень интеграции мобильных устройств, что в свою очередь повышает гибкость использования интернет-сервисов.

4. Виртуализация сетевых функций (NFV) – технология, позволяющая имитировать функции аппаратных платформ и использовать их в виде программного обеспечения на сервере. Также позволяет создавать любые комбинации сетевых функций и серверов и предлагать их в виде готовых решений.

5. Смартфоны и человеко-машинный интерфейс. Обеспечивают легкую доступность для пользователя целого ряда услуг (интернет-банкинг, системы онлайн-бронирования билетов и гостиниц, и т.д.) вне зависимости от их местонахождения.

6. Технологии облачных и туманных вычислений. Позволяют предоставлять физически располагаемые на сервере вычислительные возможности, место для хранения информации, аналитические системы и т.д. для конечных пользователей в качестве сервисов. Включает такие разновидности, как IaaS (инфраструктура как сервис, т.е. предоставление места для хранения, вычислительных возможностей, сетей), PaaS (платформа как сервис, т.е. предоставление языков программирования, библиотек, макросов, приложений), SaaS (ПО, как сервис, т.е. предоставление возможности использования программного обеспечения и аналитических систем без установки на ПК). Технологии туманных вычислений. Представляет собой «облако», распределенное по сети. Разница состоит в том, что вычислительный центр представляет собой не единый сервер, а распределенную структуру серверов.

7. Технологии обработки больших данных. Позволяют эффективно обрабатывать данные в больших объемах, различных типов (текст, изображения, видео и т.д.) и поступающие из разрозненных источников.

8. Искусственный интеллект и взаимодействие машин (M2M).

9. Дополненная реальность (AR). Посредством дополнительных устройств (AR-наушников, планшета, AR-очков) предоставление дополнительной информации об объектах окружающего мира. Например, предоставление информации о структуре электрической сети в здании при направлении на него AR-очков.

10. 3D-принтеры. Физическое воспроизводство объекта (продукта) по его цифровой 3D модели за счет преобразования жидких, порошковых, нитевидных или пленочных полимерных, пластиковых, металлических, восковых и иных материалов методом лазерной стереолитографии, селективного лазерного спекания, сплавляющего экструдерного осаждения, баллистического осаждения частиц, многослойного изготовления объектов или иным методом [2].

Появление вышеописанных технологий приводит к созданию следующих принципиально новых явлений и понятий в экономике и промышленности [1]:

1. Ученый по данным (data scientists) – эксперт в области производственных знаний, бизнес-знаний и пр., способный определять стратегию, краткосрочные и среднесрочные цели предприятия или организации, и корректировать решения, вырабатываемые автоматизированными аналитическими системами в отношении управления бизнесом и производством, в соответствии с определяемыми им стратегиями и целями.

2. Интеллектуальные устройства (intelligent devices) – устройства способные осуществлять сбор первичных данных и управлять потоками этих данных к хранилищам данных, далее – к аналитическим и интеллектуальным системам, далее – к ученым по данным, и затем обратно к устройству в качестве контролирующей обратной связи.

3. Интеллектуальные системы (intelligent systems) – информационные системы, способные без участия человека вырабатывать управленческие решения в отношении производства и бизнеса на основе первичных данных.

4. Цифровой двойник (digital twin) – цифровая модель объекта (устройства, единицы оборудования, двигателя, здания и т.д.), составленная на основе данных, получаемых с сенсоров или интеллектуальных устройств, размещенных внутри объекта, и отражающая любые изменения, происходящие с объектом. Таким образом, становится не обязательно разбирать объект, чтобы, например, провести его диагностику.

5. Экономика по результату (outcome economy) – новый вид экономики, основанный не на продаже продукта, а на плате за использование продукта. Например, взимание платы сервисом не за количество поставленных запчастей для оборудования, а за «надежность», т.е. стабильную работу единицы оборудования в единицу времени. Осуществляется на основе использования цифровых двойников при диагностике оборудования.

Как следствие, появляется и принципиально новый тип производства, получивший название «Индустрия 4.0», а также новая концепция IIoT – «Индустриальный интернет вещей». В рамках концепции IIoT уже сейчас вышеописанные технологии нашли применение в следующих отраслях [1]:

1. Добывающая промышленность (прежде всего, нефтяная и газовая отрасли) – использование дронов и автономных устройств, снабженных сенсорами и передающих данные в аналитические центры, при поиске местонахождений нефти и газа.

2. Экология и мониторинг окружающей среды – использование беспилотных устройств, свободно циркулирующих по дну Мирового океана, использующих энергию движения воды и передающих данные о состоянии океана.

3. Медицина – использование наручных устройств, передающих данные о параметрах, характеризующих состояние здоровья.

4. Охрана труда – использование сенсоров, реагирующих на приближение человека к движущимся механизмам и замедляющих или останавливающих работу механизмов.

5. Энергосбережение в зданиях – использование сенсоров для нахождения утечек энергии, оптимизации расхода энергии и т.д.

6. Логистика – использование сенсоров, реагирующих на перемещение для отслеживания движения транспорта, груза.

7. Розничная торговля – использование сенсоров, измеряющих вес и количество товаров в корзине покупателя и сопоставляющие их с весом в корзине с совершенными покупками за кассовым аппаратом в самоуправляемых кассовых аппаратах, а также при подсчете итоговой дневной выручки в наличной и безналичной форме по всем магазинам розничной сети.

Особенности функционирования промышленного предприятия в рамках концепции IIoT можно проиллюстрировать на схеме (рис. 1). Предприятие, помимо основной производственной деятельности также осуществляет ряд вспомогательных видов деятельности, таких как финансовая, административно-управленческая, кадровая, сбытовая и т.д.

В сфере производства в структуру каждой единицы оборудования встраиваются микросенсоры, диагностирующие и транслирующие первичные данные о поведении важнейших ее узлов на интеллектуальные устройства (рис. 1). Интеллектуальные устройства обеспечивают передачу и сохранение первичных данных в хранилищах данных, размещенных в облаке.

Далее при помощи программных средств облака размещенные данные анализируются на предмет стабильности работы оборудования и его составных частей, производительности и синхронности работы оборудования. Далее, в случае необходимости результаты анализа используются интеллектуальными системами, также являющимися частью облака, для выработки решения по оптимизации производственного процесса, повышению производительности оборудования и т.д. (рис. 1). Выработанные решения в обязательном порядке рассматриваются учеными по данным и корректируются в соответствии с поставленными перед предприятием целями и стратегией. Скорректированные решения в виде значений параметров управления направляются в интеллектуальные устройства, которые осуществляют управление оборудованием в соответствии с полученными параметрами (рис. 1).

Аналогичным образом осуществляется финансовая деятельность и иные вспомогательные сферы деятельности предприятия (рис. 1).

При осуществлении некоторых видов административно-управленческой деятельности не требуется посредничество аналитических систем, и данные, хранящиеся в хранилищах данных, поступают сразу в интеллектуальные системы (рис. 1).

При такой организации производственных процессов и вспомогательных видов деятельности (рис. 1) предприятие избавлено от всех затрат, связанных с приобретением, администрированием и эксплуатацией аппаратного обеспечения, аналитических и интеллектуальных систем, а осуществляет плату в облако только за «надежность», т.е. стабильность работы оборудования, своевременность вырабатываемых финансовых и управленческих решений.

Преимуществами данной концепции являются:

1. Возможность применения широкого круга аналитических инструментов и систем поддержки принятия решений для мониторинга и оценки производственной, управленческой и прочих видов деятельности.

2. Сокращение затрат на аналитику, хранение и обработку данных, за счет того, что эти функции, равно, как и затраты на соответствующее аппаратное, программное обеспечение и администрирование систем и сервисов, возлагаются на облако.

3. Квалифицированная оценка рисков и выработка стратегических планов по выходу из кризисных ситуаций без дополнительных затрат со стороны предприятия.

4. Возможность своевременного выявления критических ситуаций и вероятных поломок оборудования.

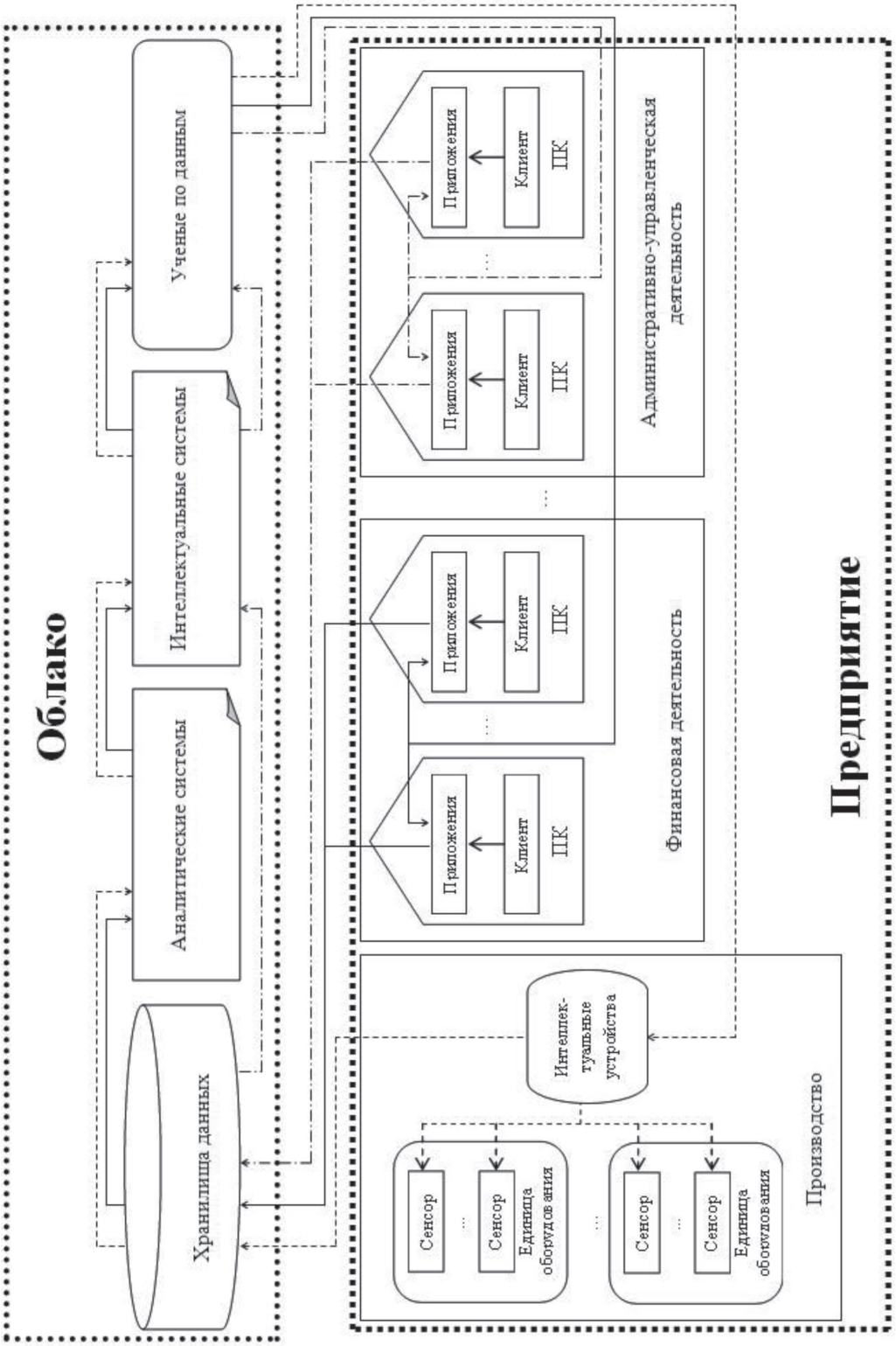



*Рис. 1. Функционирование промышленного предприятия в рамках концепции IoT*

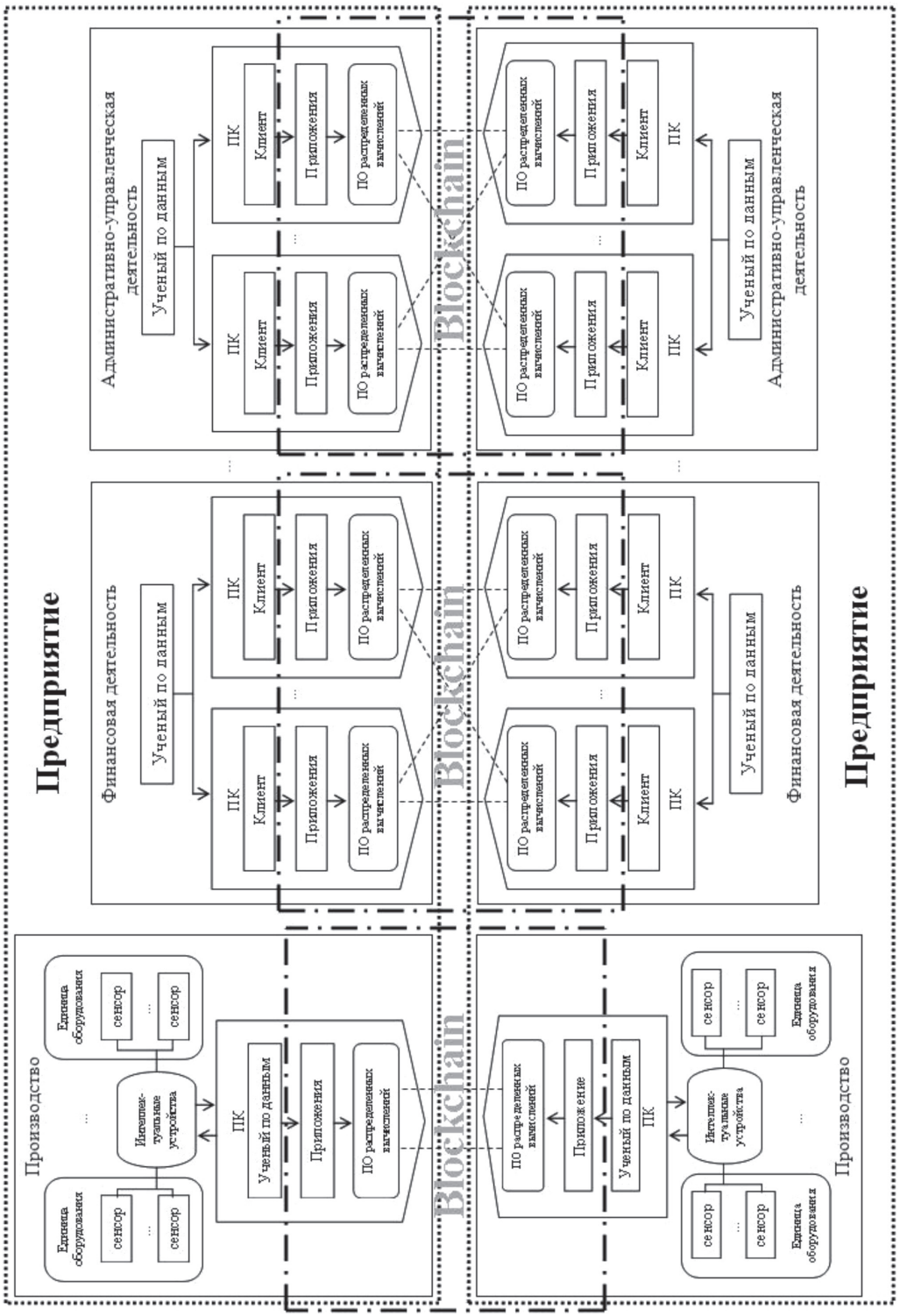



*Рис. 2. Функциональная модель реализации концепции IIoT посредством использования технологии blockchain*

В настоящее время в России наблюдается оживленный интерес к цифровой экономике и технологии blockchain, в частности [3, 4].

Blockchain – это чистая распределенная пиринговая система реестров, использующих программное обеспечение, которое состоит из алгоритмов, согласующих и объединяющих информационное содержание упорядоченных и связанных блоков данных в единое целое, на основе технологий криптографии и безопасности, с целью обеспечения целостности системы [5]. P2P системы позволяют узлам системы взаимодействовать напрямую, без участия посредников. Также может рассматриваться как вид социальных коммуникаций, создаваемых на основе технологии web 2.0 [6].

Мы считаем, что эффективность деятельности предприятий (т.е. повышение надежности оборудования, безопасности данных, с одновременным снижением затрат на использование) может быть дополнительно существенно повышена за счет сочетания концепции IIoT и технологии blockchain, а именно за счет использования технологии blockchain при проведении облачных вычислений. В этом случае отпадает необходимость использования сервера, и вся работа по содержанию системы поддерживается средствами самой системы. Функциональная модель такой системы может быть проиллюстрирована в виде схемы (рис. 2). Важным звеном в такой системе выступает ученый по данным, который, с нашей точки зрения, в целях обеспечения безопасности и наибольшей осведомленности относительно особенностей и стратегий предприятия должен входить в состав предприятия, являющегося участником системы. Однако предприятие может также пользоваться услугами сторонних специалистов и консультационных агентств.

Результаты данной работы сводятся к следующим положениям:

1. Анализ цифровых и информационных технологий показывает, что одним из основных средств функционирования IIoT являются технологии облачных и туманных вычислений (рис. 1).

2. Мы предлагаем перестроить концептуальную модель IIoT так, чтобы облачные вычисления выполнялись средствами распределенных вычислений по технологии blockchain (рис. 2).

3. Использование данного подхода позволит еще более повысить эффективность деятельности предприятия за счет снижения затрат на использование сервисов облака, с одновременным повышением надежности технологических процессов и информационной безопасности.

Предложенная функциональная модель может быть использована в любой отрасли, в том числе в образовании, лесном секторе экономики и пр.

**Список литературы**

1. Gilchrist A. Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. Bangken, Nonthaburi: Apress, 2016. – 250 p.

2. Слюсар В.И. Фаббер-технологии. Новое средство трехмерного моделирования. / В.И. Слюсар // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2003. – № 5. – С. 54–60.

3. Путин В.В. Пленарное заседание Петербургского международного экономического форума [Электронный ресурс]. – URL: http://kremlin.ru/misc/54667/videos/3509 (дата обращения: 01.08.2017).

4. Институт экономических стратегий: конференция «На пороге цифрового будущего» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.inesnet.ru/2017/05/konferenciya-na-poroge-cifrovogo-budushhego/ (дата обращения: 01.08.2017).

5. Drescher D. Blockchain basis: a non-technical introduction in 25 steps / D. Drescher. – Frankfurt am Main: Apress, 2017. – 255 p.

6. Воронов М.П. Становление концепции маркетинг 3.0 в контексте глобализации и развития социальных коммуникаций / М.П. Воронов, В.П. Часовских // Дискуссия. – 2013. – № 3 (38). – С. 103–114.

УДК 661.728

# РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ АЗОТНОКИСЛОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ МИСКАНТУСА

**Гисматулина Ю.А.**

*ФГБУН Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), Бийск, e-mail: julja.gismatulina@rambler.ru*

В данной работе проведены исследования по изучению зависимости качества целлюлозы из мискантуса от концентрации азотной кислоты, продолжительности и температуры азотнокислой обработки мискантуса с размерами частиц 10–15 мм. Установлены рациональные условия самой длительной стадии азотнокислого способа получения целлюлозы (азотнокислой обработки): концентрация азотной кислоты – 4%; температура – 90–95 °С; продолжительность – 12 ч. Выделение целлюлозы в таких условиях позволяет получить максимальный выход целевого продукта 25–28% (в пересчете на исходное сырье) при массовой доле кислотонерастворимого лигнина не более 1%. В разработанных рациональных условиях в лаборатории и опытно-промышленном производстве получены образцы целлюлозы высокого качества. В лабораторных условиях получена целлюлоза с выходом 25–28%, массовой долей α-целлюлозы 93,5–95,0%, степенью полимеризации 880–1050, массовой долей кислотонерастворимого лигнина 0,5–1,0%, зольностью 0,1–0,2%, массовой долей пентозанов 0,5–0,8%. На опытно-промышленном производстве получена целлюлоза с выходом 25–26% при массовой доле α-целлюлозы 91,0–94,0%, степени полимеризации 950–1050, массовой доле кислотонерастворимого лигнина 1,0–2,0%, зольности 0,8–1,4%, массовой доле пентозанов 1,0–3,0%.

**Ключевые слова: мискантус, целлюлоза, азотнокислый способ, кислотонерастворимый лигнин, α-целлюлоза, степень полимеризации, зольность, пентозаны**

# DEVELOPMENT OF RATIONAL CONDITIONS OF THE NITRIC ACID PROCESS FOR MISCANTHUS PULPING

**Gismatulina Yu.A.**

*Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPCET SB RAS), Biysk, e-mail: julja.gismatulina@rambler.ru*

The paper investigates the cellulose quality as a function of nitric acid concentration and nitric-acid treatment time and temperature for Miscanthus with a particle size of 10–15 mm. The rational conditions of the longest unit operation of cellulose production, i.e. nitric acid treatment, were identified: nitric acid concentration 4%, temperature 90–95 °C, time 12 h. The yield of cellulose obtained under laboratory conditions is 25–28% on initial feedstock basis; quality factors: α-cellulose 93,5–95,0%, degree of polymerization 880–1050, acid-insoluble lignin 0,5–1,0%, ash content 0,1–0,2%, and pentosan content 0,5–0,8%. At the pilot production site, cellulose was derived in a 25–26% yield with α-cellulose content of 93,5–95,0%, degree of polymerization of 950–1050, acid-insoluble lignin content of 1,0–2,0, ash content of 0,8-1,4, and pentosan content of 1,0–3,0.

**Keywords: Miscanthus, cellulose, nitric acid process, acid-insoluble lignin, α-cellulose, degree of polymerization, ash content, pentosans**

Азотнокислый способ был открыт в 1838 г. французским химиком Ансельмом Пайя, который получил прочный волокнистый композит обработкой различных растительных тканей поочередно растворами азотной кислоты и гидроксида натрия [1]. При взаимодействии азотной кислоты с лигнином протекает электрофильное замещение в ароматическом ядре (нитрозирование, нитрование), электрофильное вытеснение, алифатическое замещение, присоединение, окисление [2], но лигнин в значительной степени остается еще нерастворенным, и для его удаления требуется щелочная обработка. Модифицированный таким образом лигнин экстрагируют разбавленным раствором щелочи при температуре не выше 100 °С. В результате в остатке получается волокнистая целлюлоза с высокой массовой долей α-целлюлозы и малым остаточным содержанием лигнина и пентозанов.

Лигнин древесного сырья и однолетних растений имеет принципиальное отличие. Лигнин однолетних растений состоит в основном из остатков бетаоксиконифериловогo и п-оксикоричного спиртов («легкий лигнин»), он даже в исходной форме частично растворяется в горячих щелочных растворах [3]. Азотная кислота имеет высокую реакционную способность по отношению к лигнину в однолетних растениях, что позволяет быстро, при умеренной температуре и атмосферном давлении получить целлюлозу высокого качества [4].

На этих свойствах лигнина и основаны процессы очистки растительных целлюлозных волокон. Азотнокислый способ подходит для выделения целлюлозы, как из лиственной древесины, так и из травянистых растений, в том числе соломы злаков [5]. В настоящее время активно ведется изучение окисления лигнина при воздействии

азотной кислоты [6]. Однако лигнин из мискантуса в настоящее время изучен недостаточно, и воздействие азотной кислоты на него необходимо изучать [7].

Авторами [8] показана возможность получения целлюлозы высокого качества азотнокислым способом из коротких волокон льна и ржаной соломы. Авторы [9] получили целлюлозу азотнокислым способом из стеблей ярового рапса, сои, озимой ржи с выходом 49 % и массовыми долями пентозанов, остаточного лигнина и золы, соответственно – 15,0 %, 2,2 % и 0,9 %.

В настоящее время во всем мире ведутся активные исследования по переработке мискантуса [10–12]. Мискантус – это многолетняя злаковая культура с высоким приростом биомассы до 25 т/га/год на протяжении 15–20 лет, представляющая значительный интерес для получения целлюлозы [12, 13]. Однако исследования по получению целлюлозы азотнокислым способом из мискантуса отсутствуют, несмотря на то, что данный способ наиболее предпочтителен для выделения целлюлозы высокого качества именно из недревесного растительного сырья [5].

Целью данной работы являлась разработка рациональных условий азотнокислого способа получения целлюлозы из мискантуса.

## Материалы и методы исследования

Сырьем для получения целлюлозы являлся мискантус сорта Сорановский – *Miscanthus sinensis* – Andersson, урожая 2013 г. (возраст плантации 3 года) со следующим химическим составом: жировосковая фракция – 2,8 %, зола – 4,62 %, кислотонерастворимый лигнин – 22,1 %, пентозаны – 25,1 %, целлюлоза по Кюршнеру 48 % [13].

Целлюлозу из мискантуса получали азотнокислым способом, состоящим из следующих стадий: предварительный гидролиз, азотнокислая обработка, щелочная обработка и декатионирование. Для разработки рациональных условий получения целлюлозы данным способом влияние факторов (концентрации раствора азотной кислоты, продолжительности, температуры и модуля процесса) на качество целлюлозы изучалось только на самой длительной стадии процесса – азотнокислой обработке. Предварительный гидролиз во всех экспериментах проводился 0,2 %-ным раствором азотной кислоты при температуре 90–95 °С в течение 1 ч. Щелочная обработка проводилась последовательно 2 %-ным и 1 %-ным растворами гидроксида натрия при температуре 85–95 °С в течение 4 ч. Заключительная стадия, декатионирование, проводилась 1 %-ным раствором азотной кислоты при температуре 60–70 °С в течение 10–20 мин.

Анализ целлюлозы: зольность, массовые доли остаточного (кислотонерастворимого) лигнина, α-целлюлозы, пентозанов и степени полимеризации определяли по стандартным методикам [14].

Экспериментальные данные были получены в трехкратной повторности. Все выполненные эксперименты были статистически обработаны. В результате аппроксимации опытных данных были построены уравнения регрессии. Коэффициент детерминации $R^2$ выхода целлюлозы и массовой доли кислотонерастворимого лигнина для всех уравнений регрессий мало отличается от единицы, что подтверждает хорошее согласование экспериментальных и расчетных данных.

## Результаты исследования и их обсуждение

Учитывая то, что мискантус принципиально отличается от хлопка и состоит не только из целлюлозы, но и из ряда сопутствующих веществ (лигнин, зола, пентозаны, жировосковая фракция), то задача по получению высококачественной целлюлозы из данного источника сырья значительно усложняется и требует отдельного изучения. Получение целлюлозы из мискантуса представляет собой процесс многоступенчатой деструкции природного полимера – механической, гидролитической и окислительной.

На стадии предварительного гидролиза азотнокислого способа получения целлюлозы происходит разрыв между основными компонентами лигноцеллюлозной матрицы, удаляются водорастворимые и жирорастворимые вещества, частично гемицеллюлозы. Стадия азотнокислой обработки обеспечивает полное удаление гемицеллюлоз, частичное растворение, окисление и нитрование лигнина с образованием нитролигнина. Щелочная обработка переводит нитролигнин в раствор и удаляет его из продукта. Заключительная стадия – декатионирование заключается в извлечении остаточного глубокозалегающего лигнина и снижении зольности (удалении катиона Na).

Оценка возможности получения азотнокислым способом требует всестороннего изучения факторов, влияющих на процесс. Влияние факторов (концентрации раствора азотной кислоты, продолжительности, температуры и модуля процесса) на качество целлюлозы изучалось только на самой длительной стадии – азотнокислой обработке.

В связи с высокой массовой долей лигнина в мискантусе (22,1 %) его снижение в целлюлозе до уровня хлопковой целлюлозы (не более 0,5 %) является нецелесообразным, так как приведет к крайне низкому выходу. Поэтому для разработки рациональных условий получения целлюлозы азотнокислым способом была поставлена задача нахождения максимального выхода целлюлозы при массовой доле кислотонерастворимого лигнина (не более 1 %). Такое ограничение обусловлено тем, что целлюлоза для этерификации должна содержать не более 1,2 % нецеллюлозных

компонентов, а лигнин является наиболее трудноизвлекаемым веществом. Кроме того, в работе [15] была показана возможность успешной этерификации недревесной (льняной) целлюлозы с содержанием лигнина не более 1 %.

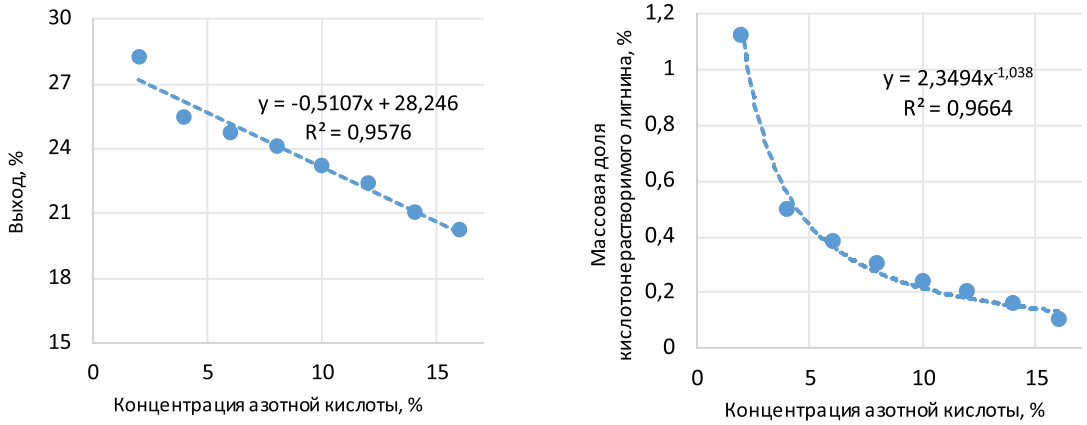
Перед проведением экспериментов мискантус был измельчен в сечку размером 10–15 мм. Так как исследуемое сырье занимало большой объем и имеет низкую насыпную плотность, то для проведения процесса был необходим достаточно высокий модуль. В проведенных экспериментах модуль был выбран 1:20.

На первом этапе исследований азотнокислой обработки были проведены эксперименты с варьированием концентрации азотной кислоты от 2 % до 16 % при температуре 95 °С, продолжительности 15 ч и модуле 1:20. В результате аппроксимации опытных данных были построены кривые, описывающие свойства образцов целлюлозы от концентрации азотной кислоты (рис. 1).

Из полученных данных, представленных на рис. 1, следует, что массовая доля лигнина при концентрации азотной кислоты равной 2 % превышает максимально допустимое (1 %). 4 %-ная концентрация раствора азотной кислоты позволяет получить достаточно высокий выход 25,4 % при массовой доле лигнина менее 1 %. Следовательно, повышение концентрации раствора азотной кислоты выше 4 % нецелесообразно, так как ведет к снижению выхода целлюлозы, без существенного улучшения качества.

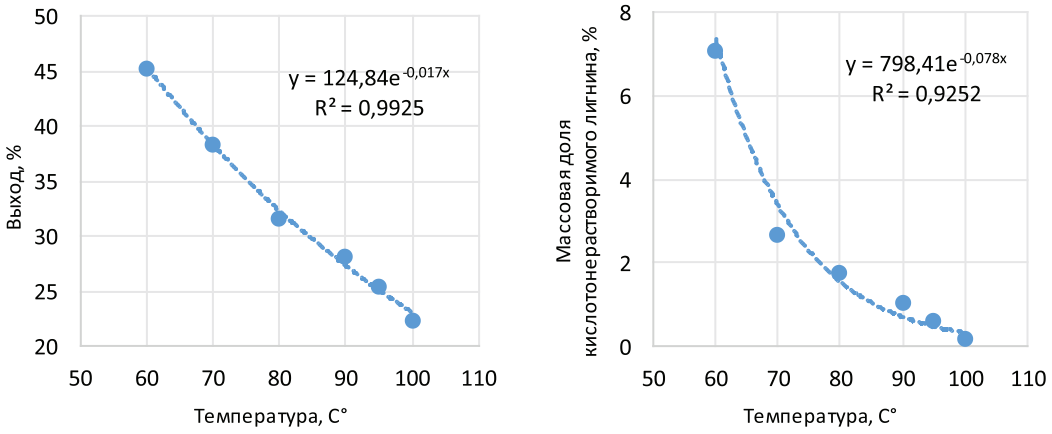
На втором этапе исследований были проведены эксперименты с варьированием температуры азотнокислой обработки в интервале от 60 °С до 100 °С при концентрации азотной кислоты 4 %, продолжительности 15 ч и модуле 1:20. В результате аппроксимации опытных данных были построены кривые, описывающие свойства образцов целлюлозы от температуры азотнокислой обработки (рис. 2).

По данным полученных уравнений, представленных на рис. 2, следует, что массовая доля лигнина менее 1 % достигается при температуре процесса 95 °С и 100 °С. Несмотря на более низкую массовую долю лигнина – 0,19 % при проведении процесса при температуре 100 °С, наиболее предпочтительной является температура равная 95 °С, так как при низкой массовой доле лигнина 0,61 % обеспечивает более высокий выход целлюлозы: 25,5 % против 22,4 %. Проведение азотнокислой обработки при 95 °С позволяет получить целлюлозу с очень низкой массовой долей лигнина – не более 0,61 %, поэтому с целью увеличения выхода допустимо снижать температуру процесса до 90 °С, так как это повышает выход целлюлозы на 2,7 % в сравнении с температурой 95 °С при массовой доле лигнина на уровне 1 %. Снижение температуры до 80 °С и ниже приводит к увеличению выхода целлюлозы до 32 %, но с ущербом ее качества, что недопустимо для целлюлозы, предназначенной для химической модификации. Следовательно, азотнокислую обработку для исследуемого сырья необходимо проводить при температуре 90–95 °С.



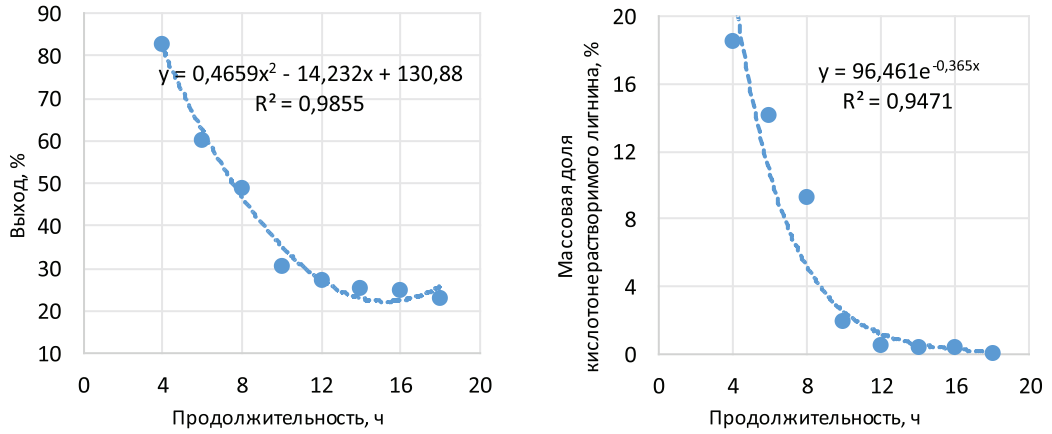

*а)* *б)*

*Рис. 1. Зависимость выхода (а) и массовой доли кислотонерастворимого лигнина (б) от концентрации азотной кислоты в образцах целлюлозы из мискантуса*




*а)* *б)*

*Рис. 2. Зависимость выхода (а) и массовой доли кислотонерастворимого лигнина (б) от температуры азотнокислой обработки в образцах целлюлозы из мискантуса*




*а)* *б)*

*Рис. 3. Зависимость выхода (а) и массовой доли кислотонерастворимого лигнина (б) от продолжительности азотнокислой обработки в образцах целлюлозы из мискантуса*

На третьем этапе исследований были проведены эксперименты с варьированием продолжительности азотнокислой обработки от 4 ч до 18 ч при концентрации азотной кислоты 4 %, температуре 95 °С и модуле 1:20. В результате аппроксимации опытных данных были построены кривые, описывающие свойства образцов целлюлозы от продолжительности азотнокислой обработки (рис. 3).

По данным полученных уравнений, представленных на рис. 3, следует, что массовая доля лигнина в целлюлозе менее 1 % достигается при продолжительности процесса 12 ч. Проведение процесса более 12 ч является нецелесообразным, так как ведет к снижению выхода при незначительном уменьшении массовой доли лигнина.

Таким образом, рациональными условиями азотнокислой обработки для мискантуса, обеспечивающими максимальный выход при массовой доле лигнина не более 1 %, являются: концентрация азотной кислоты – 4 %; температура – 90–95 °С; продолжительность – 12 ч.

В разработанных рациональных условиях были получены образцы целлюлозы в лабораторных (в 4 л колбе; загрузка сырья 150 г) и опытно-промышленных условиях (в реакторе объемом 250 л; загрузка сырья 10 кг).

Получение целлюлозы в лабораторных условиях позволяет получить целлюлозу с выходом 25–28 % (в пересчете на исходное сырье) высокого качества, а именно: массовая доля α-целлюлозы 93,5–95,0 %, степень полимеризации 880–1050, массовая доля кислотонерастворимого лигнина 0,5–1,0 %, зола 0,1–0,2 %, массовая доля пентозанов 0,5–0,8 %. На опытно-промышленном производстве удалось получить целлюлозу с выходом 25–26 % (в пересчете на исходное сырье) при массовой доле α-целлюлозы 91,0–94,0 %, степени полимеризации 950–1050, массовой доле кислотонерастворимого лигнина 1,0–2,0 %, золе 0,8–1,4 %, массовой доле пентозанов 1,0–3,0 %.

При сравнении образцов целлюлозы, полученных в лабораторных и опытно-промышленных условиях, очевидно, что последние уступают по качеству, что может быть связано с попаданием посторонних примесей в реактор при загрузке сырья и недостаточно полной промывкой полупродуктов между стадиями. Кроме того, в результате экспериментов по определению кислотонерастворимого лигнина в золе, полученной при определении зольности целлюлоз (остаток после озоления), установлено, что массовая доля вещества в золе, поведение которого в условиях анализа аналогично кислотонерастворимому лигнину, составляет 82,0 %. Следовательно, массовая доля лигнина в образцах завышена и может быть скорректирована в сторону снижения на величину зольности, умноженной на коэффициент 0,82.

## Выводы

Проведены исследования по зависимости качества целлюлозы из мискантуса от концентрации азотной кислоты, продолжительности и температуры азотнокислой обработки. Установлено, что рациональными условиями самой длительной стадии азотнокислого способа получения целлюлозы (азотнокислой обработки) являются: концентрация азотной кислоты – 4 %; температура – 90–95 °С; продолжительность – 12 ч. Получение целлюлозы в таких условиях позволяет получить максимальный выход целевого продукта 25–28 % (в пересчете на исходное сырье) при массовой доле кислотонерастворимого лигнина не более 1 %.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-33-00232 «мол_а».*

## Список литературы

1. Биоразлагаемые полимерные смеси и композиты из возобновляемых источников / под ред. Ю. Лонг, пер. с англ. В.Н. Кулезнева. – М.: НОТ, 2013. – 464 с.

2. Никитин В.М. Теоретические основы делигнификации / В.М. Никитин. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 295 с.

3. Структурный анализ пенькового волокна после щелочной обработки методом ИК-спектроскопии / Р.Р. Нурмухаметова [и др.] // Вестник технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 10. – С. 81–83.

4. Многофункциональность оксидных соединений азота как основа получения практически важных целлюлозных материалов / Ф.Н. Капуцкий [и др.] // Химические проблемы создания новых материалов и технологий. – 2003. – Вып. 2. – С. 264–293.

5. Непенин Н. Н. Технология целлюлозы. В 3-х томах. Т. III. Очистка, сушка и отбелка целлюлозы. Прочие способы получения целлюлозы: учебное пособие для вузов / Н.Н. Непенин, Ю.Н. Непенин. – 2-е изд., перераб. – М.: Экология, 1994. – 592 с.

6. Studies of reaction products of hydrolytic lignin with nitric acid / Yu.G. Khabarov [et al.] // Russian Chemical Bulletin. – 2016. – Vol. 65, № 1. – P. 237–244.

7. Extraction products from miscanthus var. ‘Soranovskii’ / S.G. Il’yasov [et al.] // Chemical Papers. – 2015. – V. 69, № 11. – P. 1445–1453.

8. Шишонок М.В. Азотнокислая варка и отбелка котонизированных волокон как способ выделения льняной ваты / М.В. Шишонок, В.И. Шадрина // Химия и химическая технология. – 2008. – Т. 51, Вып. 7. – С. 97–100.

9. Сравнительное исследование надмолекулярной структуры целлюлозы из лиственной древесины, стеблей ржи, рапса и сои / В.И. Торгашов [и др.] // Химия растительного сырья. – 2012. – № 1. – С. 31–37.

10. Jones M.B. Miscanthus: For Energy and Fibre / Michael B. Jones, Mary Walsh. – Published by Earthscan, 2001. – 192 p.

11. Perrin M.A. Miscanthus as energy crop: Environmental assessment of a miscanthus biomass production case study in France / M.A. Perrin, H. Ostergard. // Journal of Cleaner Production. – 2016. – № 137. – P. 313–321.

12. A new form of Miscanthus (Chinese silver grass, Miscanthus sinensis – Andersson) as a promising source of cellulosic biomass / V.K. Shumny [et al.] // Advances in Bioscience and Biotechnology. – 2010. – № 1. – P. 167–170.

13. Гисматулина Ю.А. Исследование химического состава мискантуса сорта Сорановский урожая 2013 года / Ю.А. Гисматулина // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 1–1. – С. 47–50.

14. Оболенская А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. – М.: Экология, 1991. – 320 с.

15. Высококачественная целлюлоза из волокна пеньки и управление процессом ее получения / А.Е. Голубев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 24. – С. 77–81.

УДК 661.728.7

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СТИМУЛИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА БИОСИНТЕЗ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРОДУЦЕНТОМ MEDUSOMYCES GISEVII SA-12

**Гладышева Е.К.**

*ФГБУН Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук, Бийск, e-mail: evg-gladysheva@yandex.ru*

Исследовано влияние стимулирующих добавок на выход бактериальной целлюлозы на синтетической питательной среде. В качестве продуцента в работе использовалась симбиотическая культура Medusomyces gisevii Sa-12. Показано, что симбиотическая культура не нуждается в добавлении в питательную среду таких стимулирующих компонентов, как дрожжевой экстракт и этанол, что связано с особым вариантом обмена веществ, при котором все необходимые для нормального функционирования симбиоза питательные вещества самосинтезируются. Установлено, что содержание экстрактивных веществ черного чая в питательной среде, обеспечивающее наибольший выход бактериальной целлюлозы, составляет от 1,6 до 4,8 г/л. Повышенное содержание экстрактивных веществ черного чая угнетает целлюлозосинтезирующую способность. При повышенном содержании происходит замедление процессов жизнедеятельности в клетках уксуснокислых бактерий.

**Ключевые слова: бактериальная целлюлоза, Medusomyces gisevii, биосинтез, этанол, дрожжевой экстракт**

# EFFECT OF DIFFERENT STIMULATING ADDITIVES ON BACTERIAL CELLULOSE BIOSYNTHESIS BY MEDUSOMYCES GISEVII SA-12

**Gladysheva E.K.**

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

The paper investigates how stimulating additives influence the yield of bacterial cellulose (BC) on a synthetic nutrient broth. Symbiotic Medusomyces gisevii Sa-12 was used as the BC- producing culture. It is shown that this symbiotic culture does not require stimulating components such as yeast extract or ethanol to be added to the nutrient broth, which is due to a special metabolism pathway in which all the nutrients needed for normal symbiosis functioning are self-synthesized. The content of black tea extractives in the nutrient broth providing the highest BC yield was found to be 1.6 to 4.8 g/L. The increased content of black tea extractives oppresses the cellulose-synthesizing capability. The increased content decelerates the vital activity processes of acetic bacteria cells.

**Keywords: bacterial cellulose, Medusomyces gisevii, biosynthesis, ethanol, yeast extract**

В связи с высокой востребованностью бактериальной целлюлозы (БЦ) в различных отраслях промышленности, особенно в медицине: в качестве основы для раневых покрытий, при протезировании кровеносных сосудов и восстановлении суставных хрящей [1], в настоящее время актуальным вопросом является исследование процесса биосинтеза БЦ [2, 3]. Выход БЦ ограничен в связи тем, что для ее продуцентов БЦ не является целевым метаболитом и питательные вещества тратятся не только на биосинтез БЦ, но и на другие биохимические процессы, протекающие в клетке [4]. Для увеличения выхода БЦ предложено добавлять стимулирующие вещества в питательную среду.

Описано, что этанол при добавлении его в питательную среду оказывает положительное влияние на биосинтез БЦ [5–6]. Этанол подавляет спонтанные мутации целлюлозосинтезирующих бактерий, снижающие их продуктивность. Такие мутации могут появляться при динамических условиях культивирования. Кроме того, этанол может использоваться как дополнительный источник углерода. Так, для *Gluconacetobacter hansenii* выход БЦ увеличивается от 1,30 до 2,31 г/л при добавлении 1% этанола [6]. Для *Acetobacter sp. A 9 strain*. добавление 1,4% этанола в питательную среду увеличивает выход БЦ на 400% (до 15,2 г/л), что примерно в 4 раза больше, чем на питательной среде, не содержащей этанол [5]. По другим сведениям, добавление 1% этанола к стандартной питательной среде увеличивает выход БЦ в 2–10 раз [6].

Также выход БЦ повышает добавление в питательную среду дрожжевого экстракта. В работе [7] установлено, что концентрация дрожжевого экстракта, обеспечивающего наибольший выход БЦ, составляет 7 г/л. При этом выход БЦ составляет 11,65 г/л. Дрожжевой экстракт в питательных средах является источником азота и аминокислот. Однако использование дрожжевого экстракта повышает стоимость питательной среды. В работе [4] предложено использо-

вать гидролизат рыбного порошка в качестве источника азота и аминокислот. Опыты показали, что 15 г/л гидролизата рыбного порошка в питательной среде увеличивает объемный выход до 3,0 г/л.

Этанол и дрожжевой экстракт – вещества, наиболее часто входящие в состав питательных сред. Кроме них для повышения выхода БЦ используют гептагидрат сульфата магния [8], альгинат натрия [9], лактат [10] и т.д.

Изучение процесса биосинтеза БЦ продуцентом *Acetobacter xylinum subsp. sucrofermentans* на синтетических питательных средах с добавлением различных стимулирующих компонентов показало, что присутствие в питательной среде лактата в динамических условиях культивирования позволяет повысить выход БЦ приблизительно в 4–5 раз [10].

В данной работе в качестве продуцента для биосинтеза БЦ используется симбиотическая культура *Medusomyces gisevii.* Данный продуцент обладает высоким адаптивным потенциалом, способностью утилизировать различные сахара, устойчивостью к фаговым инфекциям [11]. Из литературы известно, что симбиоз *Medusomyces gisevii* очень чувствителен к содержанию экстрактивных веществ чая в питательной среде [11]. К экстрактивным веществам черного чая можно отнести, кофеин, теофилин, теобромин, и т.д., которые являются активаторами роста БЦ. Следует отметить, отсутствие этих компонентов очень критично. Для биосинтеза БЦ наиболее благоприятное содержание чая в питательной среде от 0,5 до 1,5 %. Однако в литературе не описано влияние других стимулирующих добавок, таких как этанол, дрожжевой экстракт, на выход БЦ.

Целью данной работы является исследование влияния стимулирующих добавок на выход БЦ, синтезируемой продуцентом *Medusomyces gisevii* Sa-12.

## Материалы и методы исследования

В экспериментах использовалась синтетическая питательная среда, приготовленная растворением глюкозы в экстракте черного чая. В качестве инокулята применялась семидневная симбиотическая культура *Medusomyces gisevii*, выращенная на глюкозной среде, доза внесения составляла 10 %. Начальная концентрация глюкозы составила 20 г/л, уровень активной кислотности саморегулировался симбиозом [12]. Культивирование проводилось в статических условиях при 27 °С [13].

Концентрация этанола в опыте варьировала и составляла 0,1; 1,0; 1,5; 2,0; 4,0; 6,0 и 8,0 % (об.). Концентрация дрожжевого экстракта: 0,01; 0,05; 0,1; 0,15 и 0,30 %. В качестве контроля использовалась питательная среда без добавления этанола и дрожжевого экстракта.

При изучении влияния экстрактивных веществ черного чая на биосинтез БЦ готовили разные варианты питательных сред, а именно: 1 л дистиллированной воды доводили до кипения, добавляли от 1 до 30 г сухого черного байхового чая, проводили экстракцию в течение 15 минут, охлаждали и отфильтровывали. Согласно ГОСТ [14] минимальное массовое содержание водорастворимых экстрактивных веществ в сухом черном чае составляет 32 % (мас.). Таким образом, в 1 г сухого черного чая содержится 0,32 г экстрактивных веществ; в 5 г – 1,6 г; в 10 г – 3,2 г; в 15 г – 4,8 г; в 20 г – 6,4 г; в 25 г – 8 г; в 30 г – 9,6 г.

Изменение концентрации глюкозы контролировалось спектрофотометрическим методом (спектрофотометр «UNICOUV-2804», США) с использованием динитросалицилового реактива, уровень активной кислотности контролировался с помощью иономера (иономер И-160 МИ), прирост пленки БЦ оценивался гравиметрическим методом (весы лабораторные аналитические Explorer EX-224).

Удаление с поверхности БЦ остатков питательной среды и клеток осуществлялось поэтапной обработкой раствором 2 %-ного гидроксида натрия и раствором разбавленной соляной кислоты (pH 3) с последующей промывкой дистиллированной водой.

## Результаты исследования и их обсуждение

Снижение концентрации глюкозы в процессе биосинтеза БЦ продуцентом *Medusomyces gisevii* Sa-12 на питательных средах с различными концентрациями этанола представлено в табл. 1.

**Таблица 1**

Изменение концентрации глюкозы

| Концентрация этанола, об.% | Продолжительность культивирования, сутки | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 12 | 14 | 16 | 17 |
| контроль | 25,0 | 23,0 | 21,1 | 9,1 | 9,0 | 6,8 | 6,1 | 5,9 | 5,8 | 3,1 | 2,6 | 2,0 |
| 0,1 | 25,0 | 25,0 | 17,5 | 6,8 | 6,1 | 4,6 | 3,6 | 2,8 | 2,0 | 1,0 | 0,5 | 0,5 |
| 1,0 | 25,0 | 25,0 | 22,2 | 11,7 | 10,4 | 9,2 | 8,4 | 8,1 | 5,0 | 3,0 | 2,5 | 1,8 |
| 1,5 | 25,0 | 25,0 | 22,5 | 10,9 | 9,4 | 7,3 | 6,8 | 5,8 | 5,0 | 4,3 | 4,0 | 3,0 |
| 2,0 | 25,0 | 25,0 | 22,6 | 9,4 | 7,0 | 5,6 | 4,0 | 2,5 | 1,9 | 1,2 | 0,5 | 0,5 |
| 4,0 | 25,0 | 25,0 | 21,5 | 11,8 | 9,0 | 6,4 | 5,7 | 4,1 | 3,4 | 2,1 | 0,7 | 0,7 |
| 6,0 | 25,0 | 25,0 | 22,1 | 15,3 | 12,4 | 9,9 | 9,3 | 7,7 | 6,4 | 5,0 | 4,0 | 3,5 |
| 8,0 | 25,0 | 25,0 | 21,7 | 16,0 | 13,4 | 10,4 | 8,7 | 8,3 | 7,4 | 6,1 | 5,0 | 3,0 |

При концентрациях этанола 0,1; 2,0 и 4,0% (об.) в питательной среде происходит более быстрая утилизация глюкозы по сравнению с контролем. При концентрациях этанола 1,0; 1,5; 6,0 и 8,0% (об.) в питательной среде происходит более медленная утилизация глюкозы по сравнению с контролем.

Зависимость выхода БЦ от концентрации этанола в питательных средах приведена на рис. 1.

Наибольший выход БЦ получен в контрольном опыте и составил 6,0% на 7 сутки и 8,2 на 17 сутки. Далее выход БЦ снижался при добавлении этанола в среду более 0,1% (об.). Несмотря на то, что выход БЦ через 21 сутки выше, чем через 7 суток, качество БЦ при длительном культивировании снижается – гель-плёнки становятся неоднородными, с рваным краем, очистка усложняется, а после высушивания пленки теряют эластичность, становятся хрупкими и ломкими.

Можно сделать вывод, что внесение этанола в питательную среду снижает целлюлозосинтезирующую активность бактерий. Это связано с тем, что *Medusomyces gisevii* – симбиотическая культура и синтез этанола в достаточном количестве обеспечивают дрожжи, входящие в состав культуры [11]. Дополнительная концентрация этанола оказывается избыточной и отрицательно влияет на биосинтез БЦ.

Снижение концентрации глюкозы в процессе биосинтеза БЦ продуцентом *Medusomyces gisevii* Sa-12 на питательных средах с различным содержанием дрожжевого экстракта представлено в табл. 2.

При концентрациях дрожжевого экстракта в питательной среде: от 0,05 до 0,3 наблюдается более быстрое потребление глюкозы в питательной среде по сравнению с контролем (табл. 2), но при этом источник углерода не тратится на синтез целевого продукта, так как выход БЦ снижается по сравнению с контролем: при концентрации дрожжевого экстракта 0,1% и выше выход БЦ снижается в 2 раза (рис. 2). Предположительно, добавление дрожжевого экстракта нарушает симбиотические отношения продуцента *Medusomyces gisevii* Sa-12, и глюкоза в основном тратится на поддержание жизнедеятельности микроорганизмов.

Кроме того, добавление дрожжевого экстракта ухудшает качество пленок, пленки приобретают коричневый цвет в результате оседания дрожжевого экстракта на поверхности. Пленки становятся более хрупкими и непрозрачными. Поэтому добавление дрожжевого экстракта при культивировании *Medusomyces gisevii* Sa-12 нецелесообразно [15].

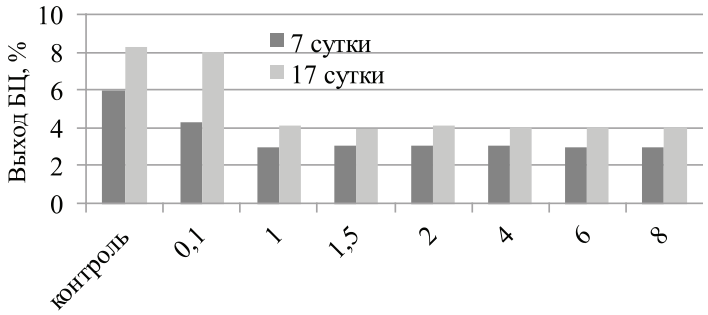



*Рис. 1. Зависимость выхода БЦ*

**Таблица 2**

Изменение концентрации глюкозы

| Концентрация дрожжевого экстракта,% | Продолжительность культивирования, сутки | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| контроль | 25,0 | 25,0 | 17,1 | 7,9 | 7,2 | 6,7 | 6,2 | 4,6 | 3,8 | 3,2 |
| 0,01 | 25,0 | 25,0 | 16,1 | 8,2 | 6,2 | 5,0 | 4,3 | 3,1 | 2,2 | 1,7 |
| 0,05 | 25,0 | 24,8 | 11,4 | 5,3 | 3,5 | 2,5 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,2 |
| 0,10 | 25,0 | 25,0 | 7,6 | 2,4 | 2,0 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| 0,15 | 25,0 | 25,0 | 7,8 | 2,4 | 2,0 | 1,7 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| 0,30 | 25,0 | 23,0 | 7,1 | 2,1 | 2,0 | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |

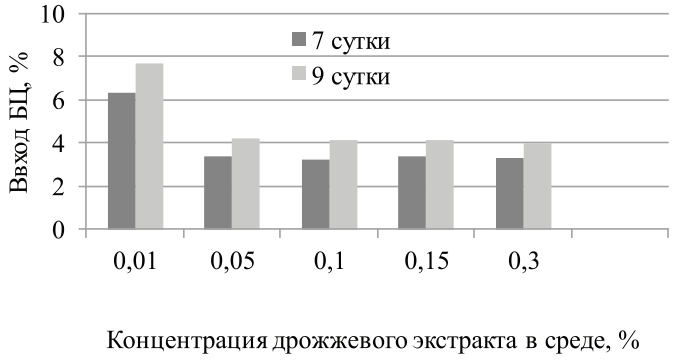



*Рис. 2. Зависимость выхода БЦ*

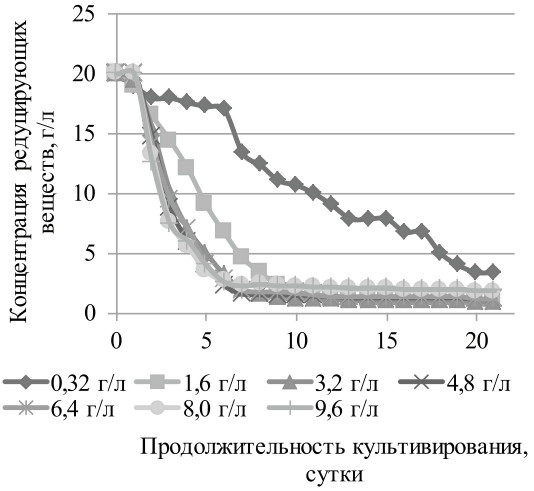



*Рис. 3. Изменение концентрации РВ*

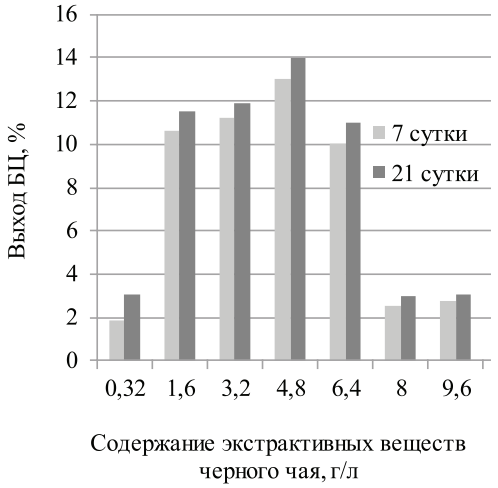



*Рис. 4. Выход БЦ*

Таким образом, симбиотическая культура *Medusomyces gisevii* Sa-12 не нуждается в добавлении в питательную среду таких стимулирующих компонентов, как дрожжевой экстракт и этанол. Это может быть связано с тем, что в ходе своего развития у симбиоза сложился особый вариант обмена веществ, при котором все необходимые для нормального функционирования симбиоза питательные вещества самосинтезируются [11]. Так как для большинства продуцентов БЦ необходимым является присутствие в питательной среде дополнительных стимулирующих компонентов, с экономической точки зрения использование продуцента *Medusomyces gisevii* благоприятно для производственного процесса, так как не требуется дополнительных затрат на стимулирующие добавки.

На рис. 3 представлено изменение концентрации глюкозы в процессе культивирования *Medusomyces gisevii* Sa-12 на питательных средах с разным содержанием экстрактивных веществ черного чая.

Изменение концентрации редуцирующих веществ в питательной среде показало, что глюкоза была утилизирована на 7 сутки и составляла менее 2 г/л при содержании экстрактивных веществ черного чая в питательной среде от 3,2 до 9,6 г; при содержании экстрактивных веществ 1,6 г – глюкоза утилизировалась на 9 сутки. При содержании 0,32 г экстрактивных веществ потребление субстрата протекало медленно – глюкоза через 21 сутки не была полностью утилизирована, что свидетельствует о замедлении процессов жизнедеятельности клеток, в связи с недостаточным количеством экстрактивных веществ чая [11].

Наибольший выход БЦ был получен при содержании экстрактивных веществ черного чая в питательной среде от 1,6 до 4,8 г. На 21 сутки выход БЦ культивирования составил от 10 до 13%. Наименьший выход получен

при 0,32 г – 1,84%, что подтверждает необходимость присутствия в питательной среде экстрактивных веществ черного чая. Снижение выхода БЦ при содержании экстрактивных веществ черного чая более 6,4 г свидетельствует об их угнетающем воздействии на рост уксуснокислых бактерий (рис. 4). Таким образом, от 1,6 до 4,8 г экстрактивных веществ черного чая в питательной среде обеспечивают максимальный выход БЦ. Антибактериальные свойства чая [11] препятствуют заражению питательной среды, что снижает риск контаминации посторонней микрофлорой и повышает устойчивость.

## Выводы

Исследовано влияние стимулирующих добавок на выход БЦ продуцентом *Medusomyces gisevii* Sa-12. Установлено, что симбиотическая культура не нуждается в добавлении в питательную среду таких стимулирующих компонентов, как дрожжевой экстракт и этанол. Добавление этанола и дрожжевого экстракта не только не повышает выход БЦ, но и ухудшает качество пленок. Содержание экстрактивных веществ черного чая в питательной среде, обеспечивающее наибольший выход БЦ, составляет от 1,6 до 4,8 г/л. При содержании экстрактивных веществ черного чая в питательной среде ниже представленного оптимума происходит замедление процессов жизнедеятельности в клетках уксуснокислых бактерий. При содержании экстрактивных веществ чая выше представленного оптимума констатируется угнетающее воздействие на целлюлозосинтезирующую способность микроорганизмов. Таким образом симбиотическая культура *Medusomyces gisevii* Sa-12 не нуждается в дополнительных стимулирующих добавках, таких как этанол и дрожжевой экстракт, и наибольший выход БЦ получен при содержании экстрактивных веществ черного чая от 1,6 до 4,8 г/л.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-19-01054).*

## Список литературы

1. Гладышева Е.К. Обоснование выбора питательной среды для синтеза бактериальной целлюлозы / Е.К. Гладышева // Вестник Алтайской науки. – 2014. – № 1. – С. 307–310.

2. Liiaskina E., Revin V., Nazarkina M., Bogatyreva A., Shchankin M. Cost-effective production of bacterial cellulose using food industry by-products // Journal of Biotechnology. – 2015. – Vol. 208. – P. 117.

3. Получение бактериальной целлюлозы на среде с мелассой / Н.Б. Сапунова и [др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 24. – С. 154–156.

4. Lee K.-Y., Buldum G., Mantalaris A., Bismarck A. More than Meets the Eye in Bacterial Cellulose: Boisynthesis, Bioprocessing, and Applications in Advanced Fiber Composites // Macromolecular Bioscience. – 2014. – № 6. – P. 10–32.

5. Гладышева Е.К. Влияние углеродного состава питательных сред на продуктивность целлюлозосинтезирующих бактерий (обзор) / Е.К. Гладышева, Е.А. Скиба // Ползуновский вестник. – 2014. – № 3. – С. 168–173.

6. Синтез целлюлозы изолятами уксуснокислых бактерий из «Чайного гриба» / Н.И. Петухова и [др.] // Башкирский химический журнал. – 2016. – Т. 23, № 1. – С. 7–13.

7. Pourramezan G.Z., Roayaei A.M., Qezelbash Q.R. Optimization of culture conditions for bacterial cellulose production by Acetobacter sp. 4B-2 // Biotechnology. – 2009. – vol. 8, № 1. – P. 150–154.

8. Son H.J., Kim H.G., Kim K.K., Kim H.S., Kim Y.G., Lee S.J. Increased production of bacterial cellulose by Acetobacter sp. V6 in synthetic media under shaking culture conditions // Bioresource technology. – 2003. – vol. 86, № 3. – P. 215–219.

9. Zhou L.L., Sun D.P., Hu L.Y., Li Y.W., Yang J.Z. Effect of addition of sodium alginate on bacterial cellulose production by Acetobacter xylinum // Journal of industrial microbiology and biotechnology. – 2007. – № 34. – P. 483–489.

10. Matsuoka M., Tsuchida T., Matsushita K., Adachi O., Yoshinaga F. A synthetic medium for bacterial cellulose production by Acetobacter xylinum subsp. Sucrofermentans // Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. – 1996. – vol. 60, № 4. – P. 575–579.

11. Юркевич Д.И. Медузомицет (Чайный гриб): научная история, состав, особенности физиологии и метаболизма / Д.И. Юркевич, В.П. Кутышенко // Биофизика. – 2002. – № 6. – С. 1116–1129.

12. Гладышева Е.К. Биосинтез бактериальной целлюлозы культурой Medusomyces gisevii / Е.К. Гладышева, Е.А. Скиба // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий – 2015. – № 3. – С. 149–156.

13. Гладышева Е.К. Исследование влияния температуры на синтез бактериальной целлюлозы продуцентом Medusomyces gisevii / Е.К. Гладышева // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 8–1. – С. 36–40.

14. ГОСТ 32573-2013. Чай черный. Технические условия. – Взамен 1938-90; введ. 01.07.2015. – М.: Изд-во стандартов, 2014. – 8 с.

15. Гладышева Е.К. Изучение влияния этанола и дрожжевого экстракта на биосинтез бактериальной целлюлозы, продуцентом Medusomyces gisevii // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы Международной научной конференции, (Кемерово, 28 апреля 2015 г.) – Кемерово, 2015. – С. 48–50.

УДК 621.869.88

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ КАК ФАКТОР ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

**[1]Диньмухаметова Л.С., [2]Пояркова Е.В., [3]Грехов А.А.**

*[1]ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», Самара, e-mail: michmen08@yandex.ru;*

*[2]ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: yarko.e@mail.ru;*

*[3]Южно-Уральская дирекция инфраструктуры – структурное подразделение Центральной дирекции инфраструктуры филиала ОАО «Российские железные дороги», Челябинск, e-mail: aa.grexov@mail.ru*

Приводятся результаты многолетних диагностических исследований состояния вагонов-цистерн для светлых нефтепродуктов, эксплуатируемых на сети железных дорог РФ. Приведены результаты оценки напряженного состояния вагона-цистерны со светлым нефтепродуктом и обнаружена локализация нагруженных зон вблизи сварных соединений. Установлено, что значения напряжений в опасных зонах конструкций цистерн достигают значений, соизмеримых с пределом текучести материала котла (до 300 МПа). Выявлена высокая технологическая дефектность сварных швов конструкции котла цистерны в высоконагруженных зонах и приведены наиболее опасные дефекты. Представлены результаты определения скорости коррозии металла и механических свойств в различных зонах сварного соединения в зависимости от наработки вагонов-цистерн. Обнаружено, что деградационные процессы, оказывающие отрицательное влияние на изменение несущей способности материала, наиболее интенсивно протекают в околошовной зоне сварного соединения. Установлено, что на начальных этапах эксплуатации конструкции показатели сопротивления хрупкому разрушению металла околошовной зоны сварных соединений снижаются более чем в два раза. Показан характер изменения ключевых показателей сопротивления разрушению, являющихся критериальными характеристиками несущей способности и прочностного ресурса, в области высоконагруженных сварных элементов конструкций цистерн по мере наработки.

**Ключевые слова: сварные соединения, вагоны-цистерны для нефтепродуктов, напряженное состояние, диагностика технического состояния сварных оболочковых конструкций, несущая способность, остаточный ресурс цистерн для нефтепродуктов**

# TECHNOLOGICAL HEREDITY AS A FACTOR IN RESILIENCY EQUIPMENT FOR TRANSPORT OF OIL AND OIL PRODUCTS

**[1]Dinmukhametova L.S., [2]Poyarkova E.V., [3]Grekhov A.A.**

*[1]Samara State Transport University, Samara, e-mail: michmen08@yandex.ru;*

*[2]Orenburg State University, Orenburg, e-mail: yarko.e@mail.ru;*

*[3]South-Ural infrastructure of the branch of JSC «Russian Railways», Chelyabinsk, e-mail: aa.grexov@mail.ru*

The results of multi-year diagnostic study of the condition of tank wagons for light oil products, operated on the Railways of the Russian Federation. The results of the evaluation of the stress state of the tank with light petroleum, and the localization of loaded zones near welds. It is established that stress values in the hazard area structures tanks reach values comparable with the yield strength of the material of the boiler (up to 300 MPa). The high technological defects of welded joints of boiler tanks in highly loaded areas and are the most dangerous defects. Presents the results of determining the corrosion rate of the metal and mechanical properties in different zones of a welded joint depending on the developments of tank-wagons. Discovered that the degradation processes that have a negative impact on the bearing capacity of the material, the most intensively occur in the HAZ of a welded joint. It is established that in the initial stages of operation of the structure indicators of the brittle fracture resistance of HAZ metal of welded joints is reduced more than twice. Shows the nature of changes in key indicators of fracture resistance, which are the criterial characteristics of bearing capacity and strength of the resource in the area of high load of welded structure elements tank as achievements.

**Keywords: welded joints, cars cistrana for petroleum products, the stress state diagnostics of technical state of welded shell structures, load bearing capacity, residual life of the tanks for oil products**

Оборудование для транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов представляет собой крупногабаритные и материалоемкие конструкции, занимающие большую долю продукции машиностроительных производств. Изначально высокая стоимость такого оборудования составляет значительную долю в себестоимости производства и транспортировки нефтепродуктов, что в свою очередь подчеркивает важность изыскания технологических путей продления ресурса их безопасной эксплуатации как для предприятий нефтеперерабатывающего комплекса, так и для предприятий машиностроения и транспорта. Проблемам повышения отказоустойчиво-

сти конструкций котлов железнодорожных цистерн посвящено большое количество исследований, среди них следует отметить работы М.Н. Овечникова, Ф.А. Мажидова, С.А. Федорова [1–3] и других.

Отличие настоящего исследования от вышеперечисленных работ заключается в анализе влияния механической неоднородности сварных швов на изменение ключевых показателей работоспособности материала нагруженных элементов оболочки котла.

**Целью настоящей работы** является установление технологических предпосылок снижения ресурса прочности и возникновения преждевременных отказов сварных конструкций котлов вагонов-цистерн для транспортировки нефтепродуктов.

Эквивалентные напряжения определены согласно энергетической теории прочности, считая котел тонкостенной оболочкой:

$$\sigma_э = \sqrt{\sigma_п^2 + \sigma_к^2 - \sigma_п \sigma_к},$$

где $\sigma_п = -E(\varepsilon_п + \mu\varepsilon_к)/(1-\mu^2)$, $\sigma_к = -E(\varepsilon_к + \mu\varepsilon_п)/(1-\mu^2)$; здесь $\varepsilon_п$ и $\varepsilon_к$ – деформации соответственно в продольном и кольцевом направлениях; $\mu$ – коэффициент Пуассона.

Величины деформаций $\varepsilon_п$ и $\varepsilon_к$ определялись при помощи измерительной системы, в состав которой входили: восьмиканальный тензометрический модуль LTR212, портативный крейт LTR-U-1-4, тензорезисторы типа розетки КФ5Р3 и колодки из резисторов, соединенные в мостовую схему. Позиционирование розеток тензодатчиков отражено на рис. 1.

Определение скорости коррозии проводилось по данным фактических измерений толщины стенок в характерных зонах сварных соединений высоконагруженной зоны неразрушающими методами контро-

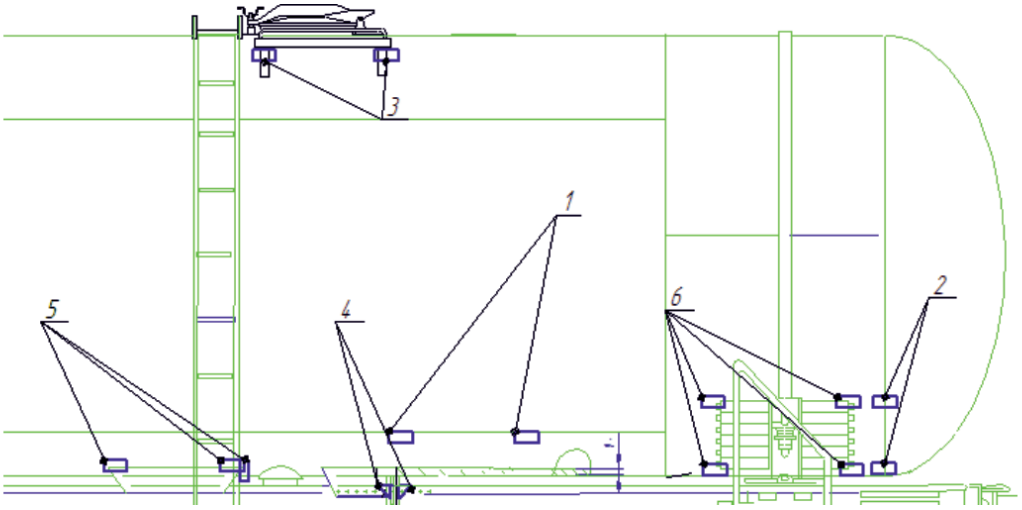



*Рис. 1. Схема расположения розеток датчиков при тензометрии*

## Материалы и методы исследования

Для установления характера повреждений котлов проводился визуально-оптический контроль отбракованных вагонов-цистерн, по результатам которого определялись места вырезки образцов для металлографического анализа с целью исследования дефектов сплошности и характера коррозионных повреждений. Механические свойства при статическом, динамическом и малоцикловом нагружении определялись на образцах, вырезанных из высоконагруженных участков отбракованных цистерн с различной наработкой по стандартным методикам на оборудовании, прошедшем государственную поверку. При определении ударной вязкости и статической трещиностойкости образцов в качестве концентраторов использовались натурные дефекты швов (подрезы, непровары, трещины). Для выявления наиболее нагруженных участков выполнены исследования напряженно-деформированного состояния котлов вагонов-цистерн методом тензометрии с использованием методик [3–5]. Условия испытаний установлены на основании [6].

ля; расчет скорости коррозии стенок производился на базе не менее чем пятикратных измерений толщины по формуле

$$v_э = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta s_i}{nT^э},$$

где $\Delta S$ – разность толщин стенок в точках за период контрольных измерений, мм; $n$ – количество контрольных точек замера по каждой части сосуда; Тэ – время эксплуатации между контрольными измерениями, лет.

## Результаты исследования и их обсуждение

Обобщение данных диагностических мероприятий, проводимых на различных предприятиях транспорта нефтепродуктов за последнее десятилетие, позволило установить характерные повреждения, представляющие собой некие «критерии отбраковки» вагонов-цистерн на стадии

предразрушения при оценке их работоспособности и надежности:

– **трещины** в зоне сварного соединения верхней части опоры котла и его обечайки, либо вдоль нижней образующей котла в зоне опоры; самой обечайки котла в зонах сливного прибора, приварки горловины люка-лаза, приварки фасонных лап крепления котла к раме, соединения с днищем; хребтовой балки в зоне крепления тормозного цилиндра; в сварных швах в местах крепления фасонных лап рамы к хребтовой балке; в зоне приварки кронштейнов лестницы к котлу;

– **вмятины и вмятинообразные повреждения**: в зоне сварного шва, соединяющего панели обечайки котла, в верхней части опоры котла, в зоне лежневых опор, вмятинообразные длинномерные изменения формы днища, проседание и наклон верхней части обечайки цистерны; вмятость боковой части;

– **искривление** консольной части и локальная потеря устойчивости верхней полки хребтовой балки (как правило, преобладает глобальная или смешанная форма потери устойчивости);

– **выпучивание** верхнего листа хребтовой балки в зоне автосцепки.

После тщательного анализа жизненного цикла вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов сделано заключение, что к возникновению опасных потерь герметичности и течей, несопоставимых с дальнейшей эксплуатацией, чаще всего приводят трещины в области сварных швов высоконагруженных элементов котла. Согласно [1, 2, 7], причинами этого могут быть: различие строения и физико-механических свойств различных участков сварных соединений в направлении от центра шва к периферии, способствующее интенсификации локальных коррозионных процессов, скопление в этой области неметаллических включений и иных дефектов, высокий уровень собственных остаточных сварочных напряжений сварных швов. Для установления причин подобного поведения исследуемого оборудования проведен системный анализ состояния материала в опасных зонах вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов на различных этапах жизненного цикла и оценено их напряженное состояние. Средние значения действующих эквивалентных напряжений в различных элементах конструкции котла вагонов-цистерн представлены в таблице.

При этом установлено, что наиболее напряженными являются сварные соединения, образованные по типу нахлесточных и угловых швов (такие, как в зонах приварки фасонных лап, а также соединения люка-лаза с обечайкой котла). Значения напряжений, действующих непосредственно в швах и прилегающем металле, оказываются соизмеримыми с пределом текучести материала самой цистерны. Анализ результатов визуально-оптического контроля позволил установить, что высоконагруженное состояние перечисленных элементов конструкций котлов усугубляется еще и дефектами сварки (наиболее характерные приводятся на рис. 2), образовавшимися при изготовлении цистерн и/или при ремонтно-восстановительных работах, выполненных на них. Кроме того, в высоконапряженных элементах конструкции котла участки металла также имеют многочисленные коррозионные повреждения, что наглядно демонстрируется на рис. 3.

Результаты определения скорости коррозии металла характерных участков сварных соединений представлены на рис. 4. Показано, что скорость коррозии металла в околошовной зоне сварного соединения на начальных этапах эксплуатации превосходит аналогичную характеристику для основного материала более чем в 2 раза.

Значения напряжений, возникающих в элементах конструкции котла цистерны

| № позиции тензодатчиков | Зона контроля | Характер нагружения (в соответствии с [6]) | Напряжения, МПа |
|---|---|---|---|
| 1 | Горизонтальные швы обечайки котла | внутренним испытательным давлением ($Р_{исп}$ = 0,4МПа) | 100 |
| 2 | Днище котла | | 190 |
| 3 | Зона соединения люка-лаза с обечайкой котла | | 246 |
| 4 | Зона соединения сливного устройства с обечайкой котла | аварийное соударение в груженом состоянии (к заторможенному вагону прикладывалась сжимающая ударная сила 3МН) | 109 |
| 5 | Зона приварки фасонных лап | | 265 |
| 6 | Зона опирания котла на лежневые опоры | | 160 |

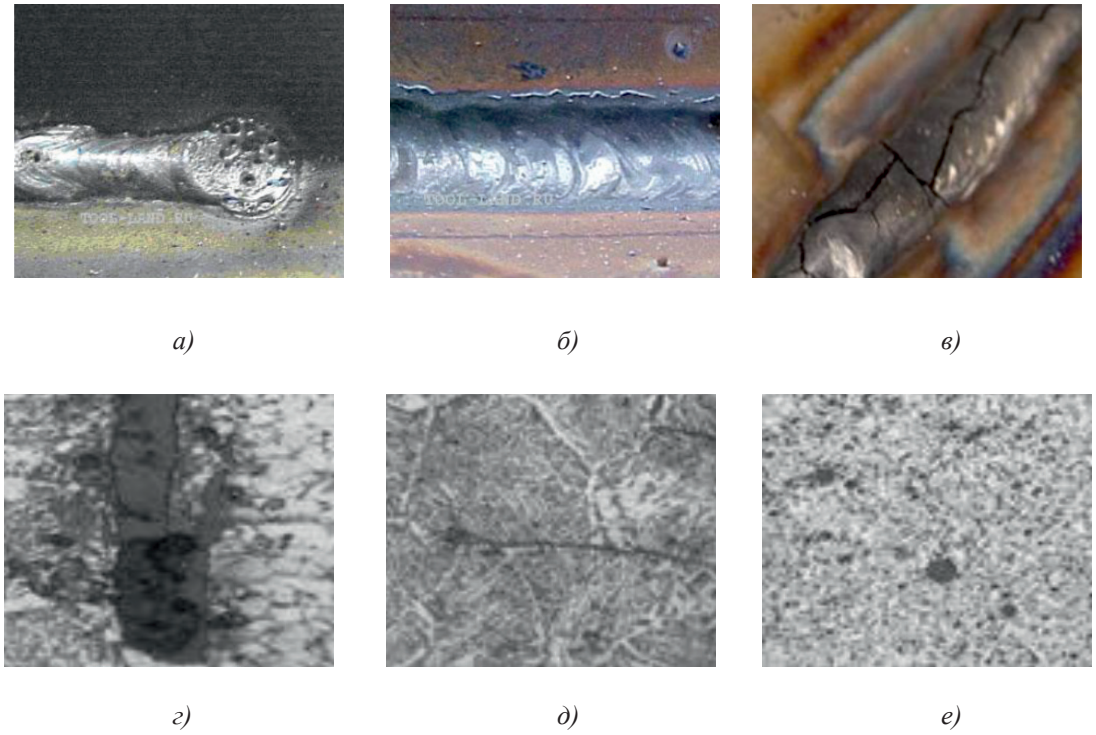
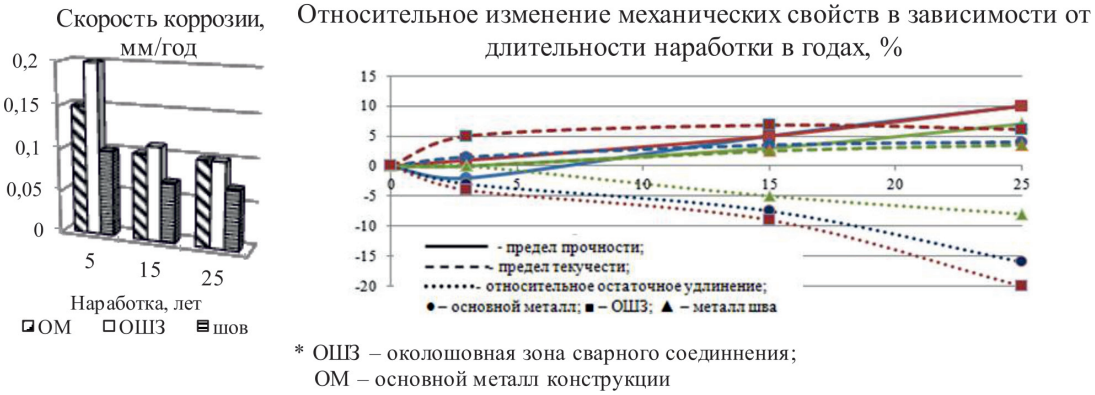



*Рис. 2. Технологические повреждения в виде дефектов сварных швов, обнаруживаемые при визуально-оптическом контроле вагонов-цистерн и при металлографии образцов, вырезанных из натурной цистерны: а) поры; б) подрезы; в, г, д) холодные трещины; е) шлаковые включения*

*Рис. 3. Характерные повреждения материала котла цистерн для транспортировки нефтепродуктов на стадии предразрушения*




* ОШЗ – околошовная зона сварного соединнения;
ОМ – основной металл конструкции

*Рис. 4. Изменение свойств металла характерных зон высоконагруженных сварных соединений котлов вагонов-цистерн по мере наработки (в зоне приварки фасонных лап)*

Как известно, сопротивление разрушению, а следовательно, и отказоустойчивость емкостей для транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов, определяемая отсутствием течи и способностью сохранять герметичность, оценивается по критериям статической, динамической и длительной прочности, на основе обобщенной зависимости [8]:

$$Q_{\max} \le [\Phi]_n,$$

где $Q_{\max} = \frac{P^{Э}_{\max}}{\delta(D)} = \{\sigma_1, \sigma_{экв}, \sigma_а, K_1, \ldots\}$ – максимальное значение обобщенной характеристики нагрузки;

$[\Phi]_n = \frac{\Phi}{n} = \left\{\frac{\sigma_т}{n_т}; \frac{\sigma_в}{n_в}; \frac{K_{1c}}{n_к}; \ldots\right\}$ – обобщенная характеристика несущей способности (критерий предельного состояния); $P^{Э}_{\max}$ – параметры текущего нагружения; $\delta(D)$ – параметры технического состояния по результатам диагностики.

В практике эксплуатационного и ремонтного вагонного хозяйства обычно руководствуются первым критерием, при этом условие неразрушимости имеет вид

$$\frac{P^{Э}_{\max}}{\delta(D)} = \frac{\sigma_т}{n_т},$$

где $\sigma_т$ – действительное значение предела текучести материала в момент оценки технического состояния; $n_т$ – коэффициент запаса.

При проведении диагностических работ и оценке остаточного ресурса фактически пренебрегают изменением значения предела текучести в процессе эксплуатации, принимая его равным исходному. Для оценки правомерности последнего выявлено изменение механических свойств материала сварных элементов вагонов-цистерн по мере наработки, что иллюстративно отражено на рис. 4. Результаты проведенных испытаний образцов сварных швов, вырезанных из отработавших определенный срок цистерн, показали незначительное изменение предела текучести и предела прочности сварных соединений. Вместе с тем установлено значительное снижение относительного остаточного удлинения образцов по мере увеличения длительности наработки, что свидетельствует об уменьшении величины удельной работы разрушения, характеризующей способность противостоять развитию очагов внезапных разрушений.

Также в настоящем исследовании определены значения механических свойств, отражающие способность материала оказывать сопротивление действию ударных и знакопеременных нагрузок – ударной вязкости и статической трещиностойкости. Анализ изменения данных характеристик, представленный на рис. 5, показывает значительное их снижение в околошовной зоне сварного соединения. Тем не менее, в условиях отсутствия дефектов сплошности сварных соединений, их уровень обеспечивает достаточную сопротивляемость конструкции котла катастрофическому разрушению.

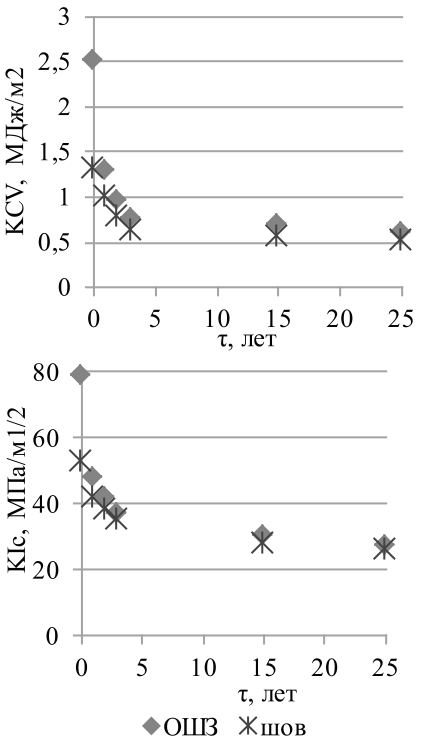



*Рис. 5. Изменение свойств металла характерных зон сварных соединений вагонов-цистерн для перевозки светлых нефтепродуктов по мере наработки*

Обобщая представленные результаты, установлено, что деградационные процессы, оказывающие отрицательное влияние на изменение несущей способности материала, наиболее интенсивно протекают в околошовной зоне сварного соединения. Поэтому необходимо принимать технологические и конструктивные меры по уменьшению локализации напряжений в прилегающих к сварным швам участках. К числу таких мер относится уменьшение протяженности сварных швов, выбор рациональной геометрии или исключение угловых и тавровых соединений, использование местного подогрева при проведении ремонтных сварочных работ, использование сварки в защитных средах и другое [1, 3, 9, 10].

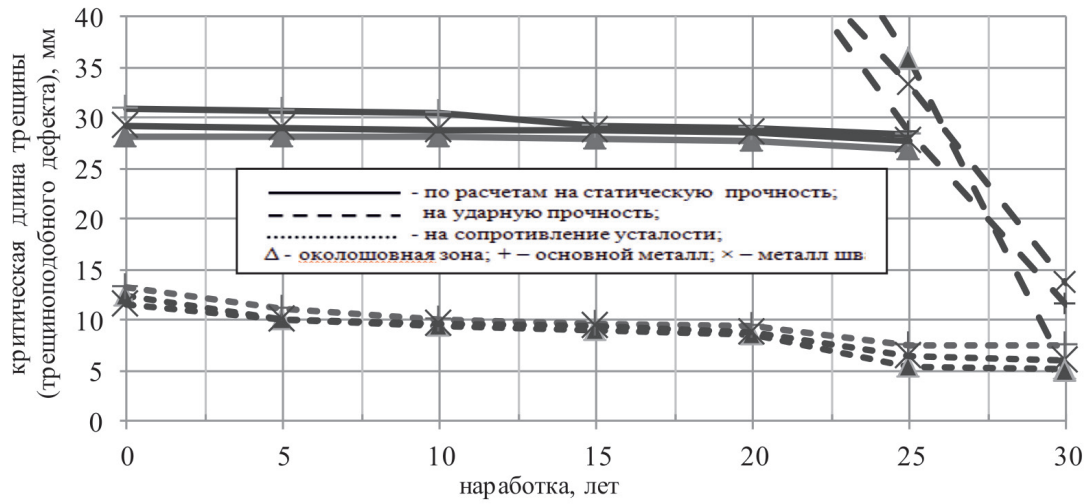



*Рис. 6. Критические размеры дефектов, рассчитанные по различным критериям наступления предельного состояния для высоконагруженного элемента обечайки котла*

Вместе с тем выявленное существенное снижение свойств материала, отражающих способность оказывать сопротивление ударным и циклическим нагрузкам, подчеркивает рациональность дифференцированного подхода к оценке несущей способности и остаточного ресурса вагонов-цистерн для перевозки опасных грузов. В основе такого подхода должен лежать системный анализ технического состояния объекта контроля на протяжении всего жизненного цикла [1, 2, 10, 11]. В этом случае целесообразно использование методики, описанной в работе [5], основанной на расчете допускаемых и критических размеров опасных дефектов для высоконагруженных элементов конструкций.

На рис. 6 представлены результаты расчета критических размеров трещин и трещиноподобных дефектов для околошовной зоны сварного соединения обечайки котла с фасонными лапами, полученные из условий прочности при статическом, ударном и циклическом нагружении. Они показывают, что во всех перечисленных условиях отказ исследуемых конструкций сопряжен с достижением металлом околошовной зоны сварного соединения предельного состояния (потерей пластической устойчивости, возникновением лавинной трещины). Соответственно, металл околошовной зоны наиболее чувствителен к дефектам – после 25 лет эксплуатации допускаемая глубина дефекта в ОШЗ примерно в 1,5 раза ниже, чем в основном металле.

## Выводы

Установлено, что комплексное проявление технологической наследственности сварных соединений (структурно-механическая неоднородность и концентрация напряжений) заключается в количественном изменении таких характеристик отказоустойчивости нагруженных внутренним давлением оболочковых конструкций, как критические и допускаемые размеры трещиноподобных дефектов. Так, приведенные в работе расчетно-экспериментальные данные показали, что для материала околошовной зоны сварных элементов критический размер трещиноподобного дефекта после 25 лет эксплуатации конструкции оказывается в 1,5 раза меньшим аналогичной характеристики основного металла конструкции.

## Список литературы

1. Овечников М.Н. Решение проблемы снижения повреждаемости котлов и рам железнодорожных цистерн для перевозки нефтепродуктов с использованием современных программных средств моделирования и расчета конструкции: дис. …док. техн. наук / М.Н. Овечников. – М., 2001. – 387 с.

2. Мажидов Ф.А. Оценка остаточного срока службы грузового вагона с учётом его технического состояния: дис. ... канд. техн. наук / Ф.А. Мажидов. – М., 2016. – 162 с.

3. Федоров С.А. Совершенствование конструкции специализированных вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов: автореферат дис. ... канд. техн. наук / С.А. Федоров. – СПб., 2007. – 18 с.

4. Воропай В.С. Расчетно-экспериментальный метод обоснования срока эксплуатации вагонов / В.С. Воропай // Вестник ПГТУ. Серия: Технические науки. – 2015. – Вып. 30. – Т. 2 – С. 206–213.

5. Диньмухаметова Л.С. Влияние механической неоднородности сварных элементов на сопротивление разрушению и безопасность эксплуатации оборудования нефтеперера-батывающей отрасли: дис ... канд. техн. наук / Л.С. Диньмухаметова. – Уфа, 2013. – 157 с.

6. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – ГосНИИВ. – М.: ВНИИЖТ, 1996. – 205 с.

7. Диньмухаметова Л.С. Влияние механической неоднородности на предельную несущую способность сварных соединений из сталей повышенной прочности / Л.С. Диньмухаметова, Е.В. Пояркова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2011. – № 6. – С. 160–163.

8. Махутов Н.А. Оценка сопротивления разрушению и продление ресурса безопасной эксплуатации оборудования, эксплуатируемого в $H_2S$-содержащих средах / Н.А. Махутов, Н.В. Митрофанов, С.Н. Барышов // Материалы V международной научной конференции «Прочность и разрушение материалов и конструкций». – Т. 2. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2008. – С. 5–21.

9. Пояркова Е.В. Обеспечение эксплуатационной прочности несущих элементов конструкций на основе оптимизации технологии их ремонта / Е.В. Пояркова, А.М. Авдонин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2015. – № 5. – С. 20–27.

10. Атаманчук Н.А. Выбор параметров и обоснование технических решений цистерны для светлых нефтепродуктов увеличенной вместимости: дис. ... канд. техн. наук / Н.А. Атаманчук. – СПб., 2016. – 160 с.

11. Третьяков А.В. Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации: дис. ... д-ра техн. наук / А.В. Третьяков. – СПб., 2004. – 382 с.

УДК 004.3:551.508.25

# АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СЕЙСМИЧЕСКОЙ РАДОНОВОЙ СТАНЦИИ

**[1]Долгий К.А., [1,2]Белашев Б.З.**

*[1]Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, e-mail: dolkons@gmail.com;*
*[2]Институт геологии КНЦ РАН, Петрозаводск, e-mail: belashev@krc.karelia.ru*

Разработанный на базе сейсмической радоновой станции СРС-05 аппаратно-программный комплекс выполняет функции получения, формирования данных измерений объемной активности радона, их архивирования и отправки пользователям. Помимо этого, реализована возможность дистанционного управления станцией. Дополнительные устройства не влияют на процесс измерения станции, а лишь обеспечивают выход в сеть Интернет, а также передачу данных на заданный ftp-сервер непосредственно по сети или с помощью мобильной связи в местах отсутствия кабельной инфраструктуры. Новые функциональные свойства повышают адаптационные возможности комплекса, обеспечивают его автономную работу и способствуют его превращению в интеллектуальный сенсорный модуль для мониторинга окружающей среды. Малые габариты и низкое энергопотребление его компонентов обеспечивают большую мобильность комплекса и увеличивают время его автономной работы.

**Ключевые слова: радиоактивность, радон, программно-аппаратный комплекс, мониторинг**

# HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF SEISMIC RADON STATION

**[1]Dolgiy K.A., [1,2]Belashev B.Z.**

*[1]Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: dolkons@gmail.com;*
*[2]Institute of Geology of Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, e-mail: belashev@krc.karelia.ru*

Designed on the base of seismic radon station SRS-05 hardware and software complex receives and forms the data of the measurements from station, perform the archiving of the data and sends it to the end users. Besides, the complex realises remote control by station. Additional devices of this complex do not influence the process of measuring of the station and just provide access to the Internet and data transfer to specified ftp-server directly via the network or the mobile in places with lack of cable infrastructures. New functional properties increase the adaptive capabilities of the complex, provide its autonomous work and contribute to its transformation into a smart sensor module for monitoring of an environment. Small dimensions and low power consumption of its components provide greater mobility of the complex and increase the time of its autonomous operation.

**Keywords: radioactive, radon, hardware-software complex, monitoring**

Один из видов естественной радиоактивности представлен растворимым в воде тяжелым инертным газом радоном, не имеющим цвета и запаха [1]. Возникающие в радиоактивных превращениях урана и радия, его изотопы $Rn^{219}$-актинон, $Rn^{220}$-торон, $Rn^{222}$-радон дают цепочки новых распадов с образованием радиоактивных дочерних продуктов. Источниками радона считают, содержащие уран массивы горных пород и тектонические зоны. Радоновую съемку применяют при поисках урановых руд, месторождений нефти, газа, выявлении зон дробления горных пород и разрывной тектоники. Содержание радона в воздухе, воде связывают с геодинамическими процессами. Радон считают индикатором напряженного состояния горных пород, предвестником землетрясений, горных ударов, оползней. Некоторые строительные материалы выделяют радон.

На земную поверхность, в атмосферу и гидросферу радон поступает вместе с другими эндогенными газами по сланцеватости и трещинам горных пород [2]. В атмосфере этот газ вызывает гидратацию молекул водяного пара на ионах, рост температуры воздуха, его адиабатическое расширение, подъем, формирование характерных облачных структур и струйных течений, изменение проводимости приземного слоя, рост атмосферного электрического поля и другие феномены [3].

Основой биологического действия радона и его продуктов является способность ионизировать, возбуждать молекулы, активизировать мутации и образовывать опухоли. Структурные аномалии растений связывают с влиянием радона [4]. При облучении им в клетках биологического индикатора радона транденсканции растет число микроядрышек [5].

Воздействием радона на людей занимается геоэкология – наука, изучающая опасные факторы территорий и жилищ. Согласно ее данным на радон и его дочерние продукты приходится около 75% годовой индивидуальной эффективной дозы радиа-

ции, получаемой населением. Из-за высокой плотности, почти в 9 раз больше плотности воздуха, радон скапливается в подвалах, горных выработках, пещерах, туннелях, ямах. Вместе с тем он подвижен, растворим в воде, газах, органических растворителях, грунтовыми и поверхностными водами, атмосферными потоками переносится на расстояния до нескольких километров. Попадая в организм человека с продуктами питания, водой, воздухом, радионуклиды становятся источником внутреннего облучения, провоцируют онкологические заболевания. Опасность облучения населения от радона по данным ООН составляет 43 % [6]. Высокие концентрации радона характерны для территорий США, Ирландии, Чехии, скандинавских стран, Австрии, Германии, России, Ирана. В Бразилии, Индии, Канаде, России имеются участки с «ураганными» содержаниями радона. Объемная активность радона в подпочвенном воздухе некоторых нефтяных месторождений Нижнего Поволжья достигает $10^6$ Бк/м$^3$. Столь высокие объемные активности радона объясняют его выносом с больших глубин скоростными газовыми струями.

Риски, связанные с радоном, делают актуальным его мониторинг.

Для мониторинга содержания радона и торона в помещениях и подпочвенном воздухе НПО «НТМ Защита» разработала сейсмическую радоновую станцию «СРС-05» (рис. 1, а) [7]. От отечественных детекторов-индикаторов радона «Сирад М106 N» [8], радиометров РГА-500, РГГ-02Т [9] «СРС-05» отличается классом точности, широкими функциональными возможностями, от зарубежных аналогов [10] – низкой стоимостью. Станция хранит данные измерений во внутренней памяти и по запросу передает их на подключаемый к ней компьютер. Небольшие размеры, вес, надежность, простота эксплуатации способствуют использованию станции в труднодоступных местах.

Недостатком сейсмической радоновой станции «СРС-05» является невозможность дистанционной передачи данных и удаленного управления. Попытка преодолеть его, имитируя при передаче данных в компьютер нажатие клавиш программного интерфейса станции (рис. 1, б) [11], оказалась связана с использованием дисплея компьютера, что привело к увеличению габаритов, веса аппаратуры, ускорило разряд аккумуляторной батареи.

Статья посвящена разработанному на базе «СРС-05» программно-аппаратному комплексу, выполняющему указанные функции без использования дисплея компьютера благодаря стыковке станции с мини-компьютером и устройствами выхода в сеть Internet.

Не влияя на процесс измерения, комплекс может оперативно обрабатывать и пересылать данные, получать внешние команды, проводить диагностику, менять режимы работы станции.

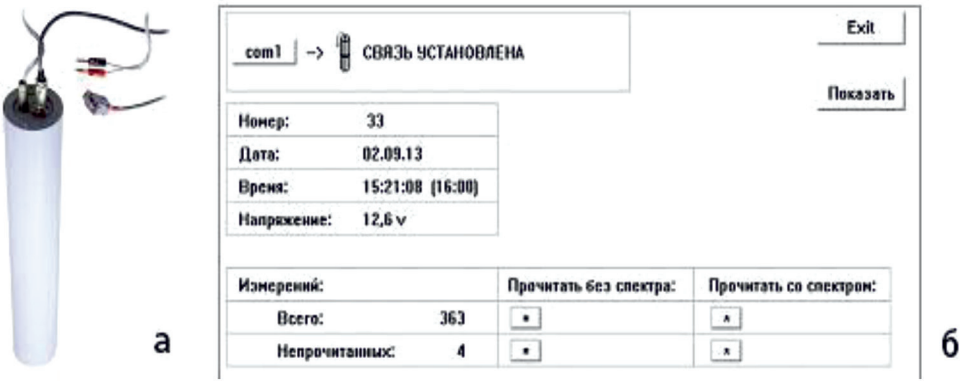



*Рис. 1. Сейсмическая радоновая станция СРС-05(а), окно интерфейса считывания данных (б)*

**Структура и функционирование комплекса.** Структура комплекса приведена на рис. 2, а. Как измерительный модуль станция «СРС-05» через заданные промежутки времени измеряет объемную активность радона, торона, давление, температуру, влажность воздуха, напряжение на аккумуляторной батарее и сохраняет эти данные в памяти.

Управляет комплексом подключенный к станции мини-компьютер. Основную часть времени компьютер неактивен. Через равные промежутки времени компьютер устанавливает соединение со станцией и посылает запрос на передачу данных в ин-

тервалах между измерениями. Если запрос поступает в момент измерения, компьютер переходит в режим ожидания и повторяет обращение к станции через заданный промежуток времени. По измерениям, собранным за сутки, программа компьютера формирует файл, архивирует его, отправляет на ftp-сервер коллективного доступа или отдельным пользователям.

Способ подключения компьютера к сети Интернет зависит от мест размещения станции, проводится с использованием кабельной системы, беспроводной сети Wi-Fi, либо по сетям стандарта GSM через модемы мобильной связи. Из-за отсутствия кабельной инфраструктуры последняя возможность чаще реализуется вне населенных пунктов.

**Конструктивные и программные особенности реализации комплекса.** Радоновая станция «СРС-05» представляет собой переносимый малогабаритный прибор, работающий под собственным управлением, имеющий внутреннюю память и разъемы для подключения компьютера и питания. Цикл работы станции состоит из разделенных во времени режимов измерения и ожидания. Измерение содержания радона и торона включает прокачку воздуха через камеру, электростатическое осаждение дочерних продуктов радона и торона $Po^{218}$ и $Po^{216}$ на полупроводниковый детектор, подсчет числа, сопровождающих распад альфа-частиц, определение их энергий. В режиме ожидания производят считывание данных, выбирают режимы работы станции, устанавливают параметры. Станцию питают от аккумуляторной батареи. Рабочий диапазон напряжений батареи – 10,6–12,6 В. Благодаря низкому потреблению: ток в режиме измерения составляет 500 мА, в режиме ожидания – 100 мА без подзарядки аккумулятора – станция может проработать около двух недель. Ее рекомендуют использовать при относительной влажности не более 80 % и температуре не ниже + 6 °С.

Для управления комплексом был выбран мини-компьютер «Raspberry Pl» Model B+ компании Raspberry PI Foundation (рис. 2, б). Данный компьютер зарекомендовал себя как современное, гибкое, надежное средство автоматизации процессов. Компьютер имеет 4 разъема USB 2.0, Ethernet разъем, 512Мб ОЗУ, 40 GPIO выводов, использует напряжение номиналом 5В от USB-порта или аккумуляторной батареи через делитель напряжения. Максимально допустимый ток потребления компьютера – 2.5А. К станции компьютер подключается посредством USB-RS232 преобразователя BM 8050 (рис. 2, в). Крепление на корпусе станции компьютера, сравнимого по размеру с банковской картой, практически не меняет габариты и вес станции.

Программное обеспечение ориентировано на обычные формы взаимодействия компьютера и станции: получение данных без спектра, получение данных со спектром, установка параметров [12]. Программа чтения данных повторяет процедуру интерфейса «СРС-05» без использования виртуальных кнопок, формирует суточный файл данных и в заданное время отправляет его на ftp-сервер. Программа получения данных со спектром дополнительно считывает энергии зарегистрированных α-частиц и строит их спектр, необходимый при выявлении нарушений в работе станции. В режиме удаленного управления, получив задание по сети Интернет, компьютер направляет станции команду на установку значений параметров и подтверждает их значения после установки.

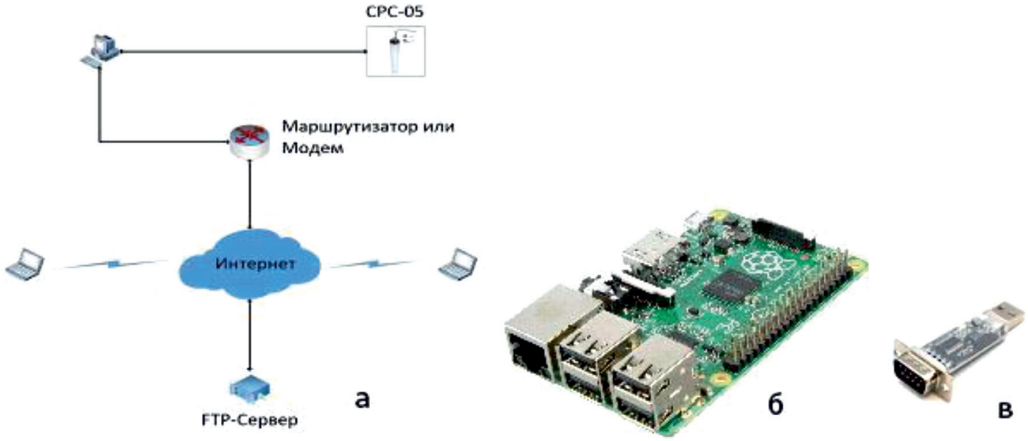



*Рис. 2. Структурная схема комплекса (а), плата мини-компьютера «Raspberry Pl» Model B+ (б), переходник USB-RS232 для подключения станции к компьютеру (в)*

Мини-компьютер работает под управлением операционной системы Linux. Его программные модули написаны на языке «Python» версии 2.7. Связь между станцией и мини-компьютером ведется через интерфейс RS-232 по схеме «запрос – ответ». Периодически опрашивая станцию, мини-компьютер посылает специальный байт. Получив его, станция, если она не находится в режиме измерения, сообщает о готовности к сеансу связи. Формы запроса компьютера на передачу данных и ответа станции представлены в виде

```
<com_prv><длина команды><код команды><параметр 1>…<параметр n>
<com_anz><длина ответа><код команды><параметр 1>…<параметр n>
```

Здесь «<com_prv>» и «<com_anz>» байты – признаки начала команд запроса компьютера и ответа станции, «длина команды» и «длина ответа» означают число байт команды, начиная с кода команды. Последним параметром является контрольная сумма, рассчитываемая при формировании и отправке управляющих команд. Передача данных измерений идет с подтверждением приема каждого блока. В режиме получения данных без спектра длина блока данных составляет 32 байта, в режиме получения данных со спектром – 256 байт. Данные записываются в файл расширением *.csv с указанием даты получения. По окончании передачи станция выдает байт окончания передачи, а компьютер прекращает сеанс связи.

В режиме управления компьютер посылает станции команду длиной от 1 до *n* байт, где *n* означает порядковый номер передаваемого станции параметра. В соответствии с полученной командой станция меняет внутренние параметры, формирует ответ, отправляя байт приема команды или байт неудачи.

Запуск программы связи со станцией, архивацию данных, передачу их на ftp-сервер выполняют скрипты на языке «bash» командной оболочки Linux. Для установки времени и частоты сеансов связи со станцией используется стандартная утилита «crontab» динамического планировщика задач «cron», встроенного в систему Linux миникомпьютера Raspberry Pi.

Связь мини-компьютера и ftp-сервера организована по сети Интернет с использованием мобильной связи. При приеме слабых сигналов помогают миниатюрные модемы с встроенной антенной в форм-факторе USB-модема или GSM-терминал промышленного исполнения Siemens TC65 с внешней антенной. Когда из-за плохого качества связи соединение с сервером установить не удается, компьютер передает данные в следующем цикле связи.

Передача данных на сервер малыми порциями раз в сутки минимизирует требования к мобильной связи, позволяет использовать сети третьего (3G) и второго (GSM/GPRS/EDGE) поколений. Разделенное хранение данных в станции, компьютере, на сервере обеспечивает резервирование и сохранность данных. Журналы соединений в мини компьютере, на сервере облегчают диагностику неисправностей комплекса.

**Испытание комплекса.** Комплекс тестировали в натурных экспериментах 2016 г. в подвальных помещениях домов в городах Петрозаводске, Питкяранте, деревнях Шелтозеро и Царевичи. Данные измерений от станции СРС-05 раз в сутки поступали на сервер Института геологии Карельского научного центра РАН в г. Петрозаводске.

На рис. 3, а приведен регистрируемые в течение недели данные измерений объемной активности радона в подвальном помещении дома в д. Царевичи и их спектр (б), полученный методом максимума энтропии Бурга с окном 40 [13]. О сложности динамики эксхаляции радона свидетельствует серия спектральных пиков с периодами 42.7, 19.7, 12.8, 9.5, 6.9, 5.7, 4.8, 4.3, 3.6, 3.3, 2.9, 2.7, 2.6, 2.4, 2.3, 2.2 часа. Наиболее интенсивный пик соответствует 4 часам 48 минутам.

Природа цикличности объемной активности радона неясна. Она может быть связана как с локальным геодинамическим режимом (деревня расположена на узком перешейке, разделяющем два озера) так и с действием таких факторов, как вариации атмосферного давления, температуры, неравномерности вращения Земли, действием лунно-солнечных приливов [14].

Пример указывает на недостаточность локальных измерений объемной активности радона. Для установления природы цикличности необходимо выделение ее локальных и глобальных компонент путем сравнения результатов синхронных измерений, выполненных однотипными приборами, разнесенными на значительные расстояния.

Комплексы, подобные описанному, быстро получают, обрабатывают данные о радиоактивности и состоянии окружающей среды, являются гибкими, перенастраиваемыми. Поскольку объемная активность радона – предиктор землетрясений, их использование в сенсорных сетях способно повысить оперативность выработки и принятия решений.

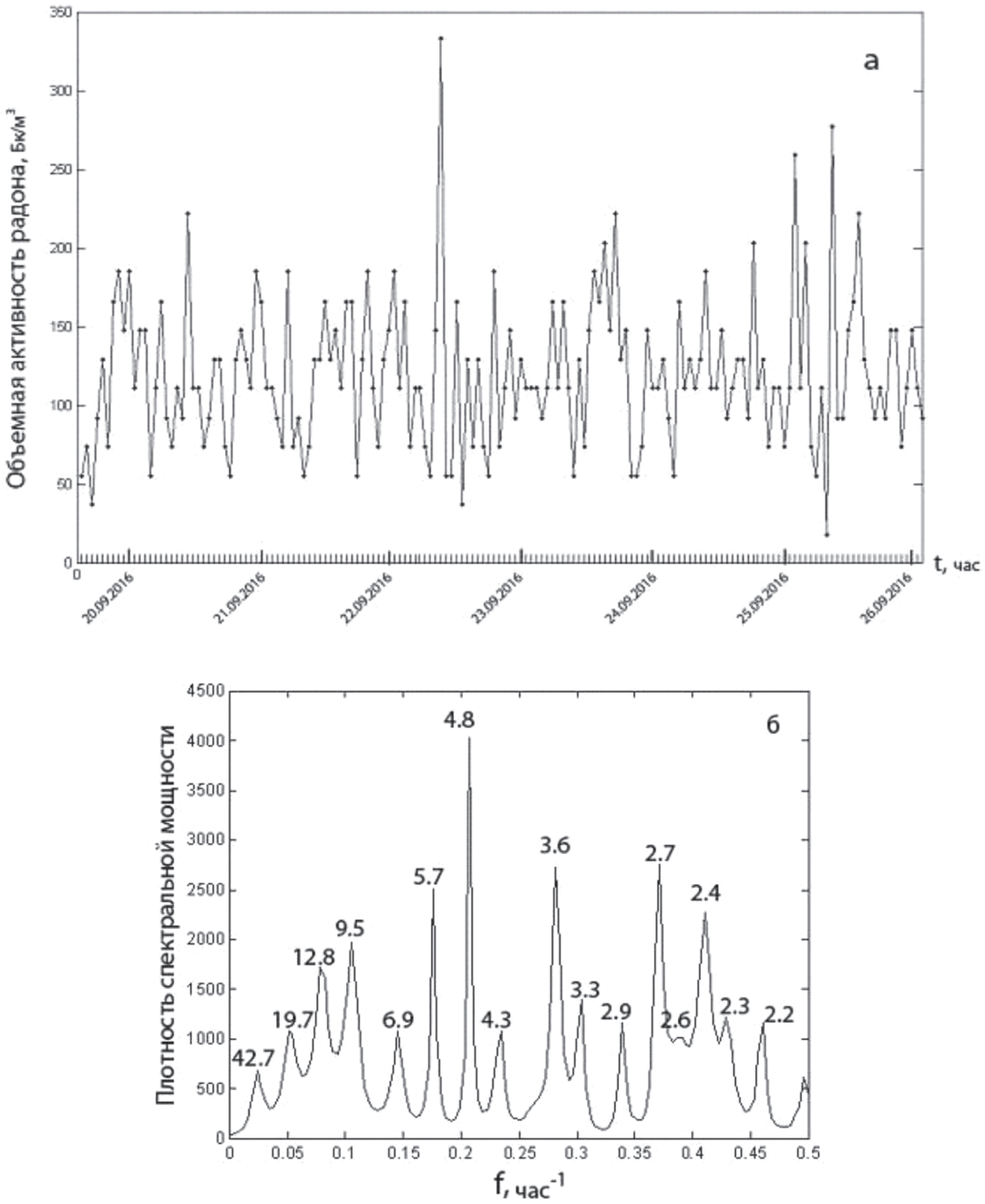



*Рис. 3. Временной ряд объемной активности радона в подвальном помещении дома в д. Царевичи (а), его спектр (б), полученный методом максимума энтропии Бурга в системе компьютерной математики MATLAB*

**Заключение**

Разработанный на базе сейсмической радоновой станции «СРС-05» аппаратно-программный комплекс ведет мониторинг объемной активности радона, торона, давления, температуры, влажности, передает полученные данные на ftp-сервер или конкретным пользователям. Входящие в состав комплекса устройства обеспечивают связь с удаленными оператором и пользователями, не влияют на метрологические характеристики сейсмической радоновой станции «СРС-05». С помощью удаленного управления станцией проводят ее диагностику, изменяют режимы ее работы. Обслуживание и эксплуатацию комплекса облегчают

его малые габариты, вес, низкое энергопотребление. Время автономной работы комплекса, около двух недель, определено скоростью разрядки аккумуляторной батареи. Дистанционно контролируя заряд аккумуляторной батареи, управляя питанием станции, переключая ее при необходимости на резервные источники, можно существенно увеличить время автономной работы комплекса. Передаваемые редко малые порции данных минимизируют затраты на мобильную связь. Реализованные в комплексе коммуникативные свойства сейсмической радоновой станции «СРС-05» полезны в сложных ситуациях, требующих оперативного принятия решений.

Реализация в аппаратно-программном комплексе новых функциональных свойств сейсмической радоновой станции «СРС-05» повышает степень ее адаптации к внешним условиям, способствует ее превращению в интеллектуальный сенсорный модуль для мониторинга геолого-геофизических сред.

*Авторы благодарят А.А Котлярова за возможность ознакомиться с дополнительными материалами по сейсмической радоновой станции «СРС-05».*

*Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета.*

### Список литературы

1. Бекман И.Н. Радон: друг, врач и помощник: учебное пособие. – М.: Изд. МГУ, 2000. – 13 с.

2. Etiope G., Martinelli G. Migration of carrier and trace gases in the geosphere: an overview // Physics of the Earth and Planetary Interios. – 2002. – № 129. – P. 185–204.

3. Пулинец С.А., Узунов Д. Спутниковым технологиям нет альтернативы. О проблеме мониторинга природных и техногенных катастроф // Гелиогеофизические исследования. – 2010. – вып. 89. – С. 173–184.

4. Белашев Б.З., Горьковец В.Я. Экологические аспекты дегазации радона // Энергия. – 2015. – № 9. – С. 38–48.

5. Калаев В.Н., Буторина А.К., Мильшин А.В., Вахтель В.М., Бабенко А.Г. О возможностях нестохастических биологических эффектов при облучении радоном в эквивалентных равновесных объемных активностях 200 и 400 Бк/м$^3$ зебрины повислой // Вестник ВГУ, серия Химия, Биология. – 2001. – № 2. – С.109–113.

6. Ионизирующие излучения: источники и биологические эффекты. Доклад на Генеральной Ассамблее ООН. – 1988. – Т. 1. – 882 с.

7. СРС-05 Сейсмическая радоновая станция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ntm.ru/products/133/7282 (дата обращения: 17.04.2017).

8. Индикатор радона СИРАД МР-106 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dozimetri-msk.ru/indikator-radona-sirad-mr-106 (дата обращения: 17.04.2017).

9. Радиометр альфа-активных газов РГА-500 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.radek.ru/product/Apparaturadlya-izmereniya-radona/49/ (дата обращения: 14.04.2017).

10. DURRIDGE Company Inc [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.durridge.com/?gclid=COn5zy2sboCFcN7cAodYg0AOw (дата обращения: 17.04.2017).

11. Лукьянов А.Ю., Когут А.А., Белашев Б.З. Программно-аппаратный комплекс мониторинга радона // Труды Карельского научного центра РАН. – 2014. – № 4. – С. 93–99.

12. Долгий К.А., Белашев Б.З. Программа для получения данных без спектра с сейсмической радоновой станции СРС-05. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. № 2016617286; заявл. 4.05.2016; опубл. 29.06.2016. 1 с.

13. Анализаторы спектра реального времени Tektronix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.tek.com/analizator-spektra-0 (дата обращения: 17.04.2017).

14. Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих геосфер. – М.: Геос, 2005. – 476 с.

УДК 665.777.4

# ГАЗОДИНАМИКА ПОЛИДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ ЧАСТИЦ МЕЛОЧИ НЕФТЯНОГО КОКСА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ ТРУБЕ

**[1]Иваненко А.Ю., [1]Яблокова М.А., [2]Георгиевский Н.В., [1]Некрасов В.А.**

*[1]Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург, e-mail: marina.yablokova@gmail.com;*

*[2]ООО «ЭнергоПром», Санкт-Петербург, e-mail: nvgeorgievsky@gmail.com*

При утилизации мелких нетоварных фракций нефтяного кокса возникает задача транспортирования полидисперсного материала с одновременным его нагреванием дымовыми газами. Предложена математическая модель вертикального пневмотранспорта полидисперсного сыпучего материала, основанная на теории взаимопроникающих континуумов и дополненная уравнениями межфракционного взаимодействия, учитывающими столкновения частиц различных фракций между собой. Показано, что силы межфракционного взаимодействия, обусловленные столкновением частиц, по численному значению вполне соизмеримы с силами межфазного взаимодействия частиц с газом. Для частиц мелких фракций столкновение с крупными частицами оказывает тормозящее действие, в то время как крупные частицы «подгоняются» мелкими. В целом это приводит к уменьшению разброса между скоростями движения частиц. Полученные значения параметров движения полидисперсного материала позволяют перейти к расчетам тепло- и массообменных процессов при пневмотранспорте мелочи нефтяного кокса.

**Ключевые слова: утилизация твердых отходов, мелочь нефтяного кокса, вертикальный пневмотранспорт, полидисперсный материал, математическая модель, газодинамика, параметры транспортирования**

# GASDYNAMICS OF A POLYDISPERSE SYSTEM OF PARTICLES OF FINES PETROLEUM COKE IN A VERTICAL PNEUMATIC CONVEYING PIPE

**[1]Ivanenko A.Yu., [1]Yablokova M.A., [2]Georgievskiy N.V., [1]Nekrasov V.A.**

*[1]St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University), St. Petersburg, e-mail: marina.yablokova@gmail.com;*

*[2]Energoprom, OOO, Saint-Petersburg, e-mail: nvgeorgievsky@gmail.com*

When disposing of unmarketable small fractions of petroleum coke there is a problem of transport of polydisperse material with simultaneous heating by the flue gases. A mathematical model of vertical pneumatic transport of a polydisperse bulk material is proposed, based on the theory of interpenetrating continua and augmented with equations of interfractional interaction, taking into account the collisions of particles of different fractions among themselves. It is shown that the numerical value of interfractional interaction forces due to collision of particles, commensurate with the forces of interfacial interaction of particles with gas. For fine particles a collision with a large particle has an inhibitory effect, while large particles are»pushed» by fine. In general, this leads to a reduction of the scatter between the velocities of the particles. The obtained values of the motion parameters of polydisperse materials enable to proceed further calculations of heat and mass transfer processes in the pneumatic transport of fines petroleum coke.

**Keywords: solid waste, fines petroleum coke, the vertical pneumatic transport, polydisperse material, mathematical model, gasdynamics, the parameters of transportation**

На многих нефтеперерабатывающих предприятиях скапливаются большие объемы отходов процесса замедленного коксования – нефтекоксовой мелочи (частицы с размерами от нескольких микрон до 8 мм), не находящей пока рационального применения и загрязняющей окружающую среду.

Формованный (таблетированный, гранулированный или брикетированный) кокс мог бы найти применение как компонент гидрофобного слоя фундаментов резервуаров на нефтеперерабатывающих заводах, в качестве топлива для печей обжига цемента, а после прокаливания совместно с товарными фракциями нефтяного кокса мог бы быть использован в качестве бездымного топлива или адсорбента [1].

Все известные на сегодняшний день технологии формования нефтекоксовой мелочи связаны с использованием высоких температур, давлений, а главное, связующих веществ, поэтому требуют применения дорогостоящих и энергоёмких смесителей. Связующие компоненты также недешевы. Нами разработана технология утилизации мелких нетоварных фракций нефтяного кокса путем их таблетирования или брикетирования без связующих веществ [2].

При исследовании процесса формования сырого нефтяного кокса в лабораторных условиях было обнаружено, что таблетки, полученные прессованием нефтекоксовой мелочи, нагретой до 350–400 °С без доступа воздуха, оказывались намного прочнее,

чем аналогичные формовки, образующиеся при прессовании того же самого материала, нагретого в воздушной среде [2]. На наш взгляд, это объясняется тем, что при нагревании сырого кокса без доступа воздуха продолжается процесс пиролиза, начатый, но не завершенный полностью в установке замедленного коксования. Выделяющаяся в процессе продолжающегося пиролиза смола обволакивает мелкие частицы нефтяного кокса и служит естественным связующим веществом при последующем прессовании гранул, таблеток, брикетов, делая их более прочными при сжатии и ударах.

В промышленных условиях ограничение доступа кислорода воздуха к коксовой мелочи может достигаться тем, что ее нагревание будет проводиться в вертикальной пневмотранспортной трубе отработанными дымовыми газами из печи прокалки товарного нефтяного кокса, содержание кислорода в которых не превышает 2–5 % [3].

Существующие распространенные методики расчета и моделирования пневматического транспорта оперируют со средним размером частиц дисперсной фазы, не учитывая ее полидисперсность. Когда речь идет о собственно транспортной задаче, подобное упрощение является вполне допустимым и позволяет получать решение с точностью, достаточной для инженерных расчетов. Если же речь идет о моделировании тепло- и массопереноса в полидисперсной системе со значительным разбросом размеров частиц, то очевидно, что результат будет сильно отличаться для частиц разного размера – как в силу различия в коэффициентах тепло- и массопередачи, так и вследствие различного времени пребывания в газовом потоке.

## Математическая модель вертикального пневмотранспорта полидисперсной системы твердых частиц

Для построения математической модели пневмотранспорта полидисперсного материала была применена классическая модель взаимопроникающих континуумов [4, 5], дополненная уравнениями межфракционного взаимодействия, учитывающими столкновения частиц различных фракций между собой.

Модель предполагает, что фазы, составляющие дисперсную смесь, распределяются по объему, занятому смесью, но при этом каждая из них занимает лишь часть этого объема $\varepsilon_i$.

Главное допущение – размеры дисперсных частиц или неоднородностей должны быть во много раз меньше расстояний, на которых усредненные параметры фаз и их компонентов меняются существенно, т.е. размеры частиц и неоднородностей много меньше, например, чем диаметров каналов, по которым течет неоднородная среда.

Дифференциальные законы сохранения массы (1) и сохранения импульса (2) дисперсной смеси записываются для физически малого объема отдельно для каждой фазы.

В общем случае они имеют вид

$$\frac{\partial(\rho_i\varepsilon_i)}{\partial t}+\nabla(\rho_i\varepsilon_i\mathbf{V}_i)- \\ -\nabla D_i\nabla(\rho_i\varepsilon_i)-\sum_{\substack{i=0\\ j\neq i}}^{N}\mathbf{J}_{ji}=0, \qquad (1)$$

$$\rho_i\varepsilon_i\frac{d\mathbf{V}_i}{dt}=\rho_i\varepsilon_i\mathbf{g}+\nabla\mathbf{F}_i+ \\ +\sum_{\substack{i=0\\ j\neq i}}^{N}\left[\mathbf{R}_{ji}+J_{ji}\left(\mathbf{V}_i-\mathbf{V}_j\right)\right], \qquad (2)$$

где $i,j=0\ldots N, J_{ji}=-J_{ij},\ \mathbf{R}_{ji}=-R_{ij}$.

Полужирным шрифтом выделены векторные величины. Индекс 0 всегда будем относить к сплошной фазе, индексы 1..$N$ – к дисперсным фазам (фракциям частиц).

В уравнении сохранения массы (1): первое слагаемое – изменение во времени массы $i$-й фазы в выделенном объеме; второе слагаемое – перенос массы конвективным потоком; третье слагаемое – изменение массы за счет потока турбулентной диффузии, связанной с мелкомасштабным пульсационным движением фаз; $D_i$ – в общем случае тензор коэффициентов турбулентной диффузии $i$-ой фазы. В четвертом члене $J_{ji}$ – характеризует поток массы из $j$-ой фазы в $i$-ую и обратно за счет фазовых переходов. В общем случае перенос массы из одной фазы в другую может происходить не только вследствие физико-химических превращений (испарение, кипение, конденсация и т.п.), но и механическим путем (выпадение частиц на поверхности канала, унос капель с поверхности жидкой пленки и т.д.).

В уравнении переноса импульса (2): первое слагаемое характеризует массовые силы, действующие на $i$-ю фазу ($\mathbf{g}_i$ – вектор массовых сил). Во втором слагаемом $\mathbf{F}_i$ – тензор напряжений в $i$-ой фазе.

В качестве условия совместного деформирования фаз используют условие одинаковости давления в фазах: $p_i = p$, где $i = 1\ldots N$. В этом случае можно предположить, что поверхностные силы, действующие со стороны окружающей среды на выделенный объем смеси, воспринимаются

только сплошной фазой, а воздействие на дисперсную фазу (фазы) со стороны сплошной среды определяется силой взаимодействия.

Тогда для сплошной фазы

$$\nabla \mathbf{F}_1 = -\varepsilon_1 (\mathbf{grad}\ \mathbf{p}) + \mu \nabla^2 \mathbf{U}_1.$$

В большинстве случаев вязкие напряжения в сплошной фазе пренебрежимо малы по сравнению с силами давления и силами межфазного взаимодействия. Тогда

$$\nabla \mathbf{F}_i = -\varepsilon_1 (\mathbf{grad}\ \mathbf{p}).$$

Четвертое слагаемое уравнения (2) описывает интенсивность обмена импульсом между фазами. $\mathbf{R}_{ij}$ – сила межфазного взаимодействия, отнесенная к единице объема смеси (Н/м$^3$), возникающая из-за сил трения, сцепления между фазами. Второй член, стоящий в скобках, можно трактовать как реактивную силу; $\mathbf{V}_i$, $\mathbf{V}_j$ – скорости массы, претерпевающей превращение $j \to i$.

Силу межфазного взаимодействия между сплошной и дисперсными фазами можно представить в виде

$$\mathbf{R}_{0i} = \varepsilon_i \mathbf{f}_{0i} S_i, \qquad (3)$$

где $\mathbf{f}_{0i}$ – удельная сила межфазного взаимодействия между частицами и газом, отнесенная к единице поверхности $i$-ой фазы, Н/м$^2$; $S_i$ – удельная поверхность $i$-ой фазы (поверхность фазы, отнесенная к ее объему), м$^2$/м$^3$.

В общем случае, сила межфазного взаимодействия может складываться из силы вязкого трения, силы, связанной с воздействием присоединенных масс, силы Бассе, силы Магнуса [4, 5] и т.д.

$$\mathbf{f}_{0i} = \left( \frac{3}{\mathrm{Re}_i} \frac{4 - 3\varepsilon_i}{\varepsilon_i} + 0{,}45 (\mathrm{Re}_i \zeta)^{-4/9} + 0{,}042 \right) \rho_0 (\mathbf{V}_0 - \mathbf{U}_i) |\mathbf{V}_0 - \mathbf{U}_i| \zeta^3, \qquad (4)$$

где $\mathrm{Re}_i = \dfrac{|\mathbf{V}_0 - \mathbf{U}_i| \delta_i \rho_0}{\mu_0}$, $\zeta$ – коэффициент извилистости каналов между частицами.

Величина $\zeta$ зависит от формы частиц. Для шаров $\zeta \approx \varepsilon + 0{,}5\pi(1 - \varepsilon)$ [5].

Сила межфазного взаимодействия между частицами различных фракций определяется частотой столкновений между частицами [6]. В восходящем потоке газовзвеси без поперечного сдвига со строго монодисперсными шарообразными частицами столкновений между ними, очевидно, не происходит. Если хотя бы одно из перечисленных условий не выполняется, траектории различных частиц могут пересекаться, что приводит к более или менее интенсивному межчастичному взаимодействию [6]. Крупные монодисперсные частицы, которые слабо увлекаются турбулентными пульсациями, тем не менее вследствие столкновений приобретают заметное хаотическое движение и также интенсивно взаимодействуют между собой (это явление также называют псевдотурбулентностью [7, 8]). Особое значение взаимодействие частиц приобретает при полидисперсном составе дискретного компонента, поскольку осредненные аксиальные скорости частиц в потоке газовзвеси существенно зависят от их размера [7].

Рассмотрим одномерное движение двухфракционного материала с частицами размером $\delta_i$ и $\delta_j$, причем $\delta_i > \delta_j$ (см. рис. 1).

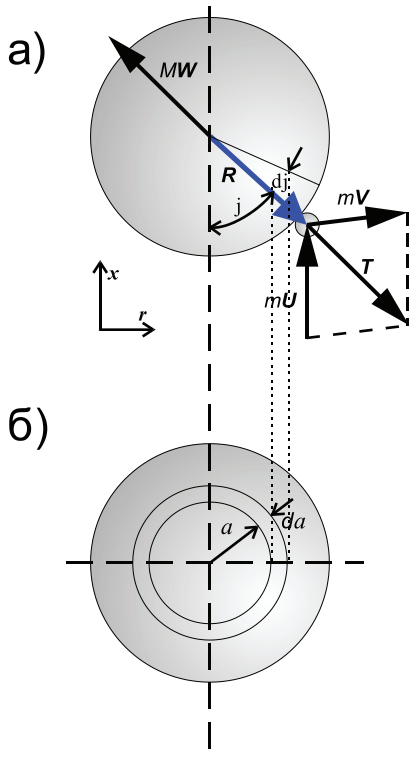



*Рис. 1. К выводу уравнений сохранения при столкновении двух частиц*

Система координат $\{x, r\}$ – инерционная, движется равномерно и прямолинейно вдоль оси трубы со скоростью, равной скорости крупной фракции. Ось $x$ – аксиальная, совпадает с осью трубы, ось $r$ – радиальная.

В этой системе координат скорости частиц крупной фракции равны нулю, а мелкие частицы набегают на крупные с относительной скоростью $\mathbf{u} = \mathbf{V}_2 - \mathbf{V}_1$.

Уравнения сохранения импульса и кинетической энергии (см. рис. 1, а):

$$\begin{cases} M\mathbf{W} = -T \\ m\mathbf{V} = m\mathbf{u} + \mathbf{T} \\ mu^2 = MW^2 + mV^2 \\ \mathbf{T} = b \cdot \mathbf{R} \end{cases}, \quad (5)$$

где $\mathbf{R}$ – направляющий вектор единичной длины (здесь $b$ – размерный параметр):

$$\mathbf{R} = \begin{vmatrix} -\cos\varphi \\ \sin\varphi \end{vmatrix}.$$

Преобразуем уравнения (5) к виду

$$\begin{cases} \mathbf{W} = -\dfrac{b}{M}\mathbf{R}, \\ \mathbf{V} = u + \dfrac{b}{m}\mathbf{R}, \\ \dfrac{m}{M}u^2 = W^2 + \dfrac{m}{M}V^2. \end{cases}$$

Из первых двух уравнений сохранения импульса выразим (с учетом того, что $\mathbf{U}_r = 0$)

$$W^2 = \frac{b^2}{M^2}\left(R_x^2 + R_r^2\right) =$$

$$= \frac{b^2}{M^2}\left(\cos^2\varphi + \sin^2\varphi\right) = \frac{b^2}{M^2},$$

$$V^2 = \left(u_x - \frac{b}{m}\cos\varphi\right)^2 + \left(\frac{b}{m}\sin\varphi\right)^2 =$$

$$= u_x^2 - \frac{2bu_x}{m}\cos\varphi + \frac{b^2}{m^2},$$

и подставим в третье уравнение системы (5) – уравнение сохранения энергии. Получим

$$\frac{m}{M}u_x^2 = \frac{b^2}{M^2} + \frac{m}{M}\left(u_x^2 - \frac{2bu_x}{m}\cos\varphi + \frac{b^2}{m^2}\right).$$

После преобразования получаем уравнение относительно $t$

$$b = \frac{2mu_x\cos\varphi}{\left(1 + \dfrac{m}{M}\right)}.$$

Вертикальная и горизонтальная составляющие импульса обмена $\mathbf{T}$ соответственно равны

$$T_x = -\frac{2mu_x\cos^2\varphi}{\left(1 + \dfrac{m}{M}\right)},$$

$$T_r = \frac{2mu_x\cos\varphi\cdot\sin\varphi}{\left(1 + \dfrac{m}{M}\right)}.$$

Если $m \ll M$, то два последних уравнения можно упростить до

$$T_x = -2mu_x\cos^2\varphi,$$

$$T_r = -2mu_x\cos\varphi\cdot\sin\varphi.$$

Принимая, что точка столкновения равновероятно распределена по площади миделева сечения крупной частицы, находим средневероятное значение для аксиальной и радиальной составляющих импульса, получаемого крупной частицей

$$T_{\text{ср}x} = \frac{T_x\int_0^{\pi/2} 2\pi a\cdot da}{\pi R^2},$$

$$T_{\text{ср}r} = \frac{T_r\int_0^{\pi/2} 2\pi a\cdot da}{\pi R^2},$$

где $a$ и $da$ – линейные размеры, показанные на рис. 1, б:

$$a = R\cdot\sin\varphi,\ da = r\cdot\cos\varphi\cdot d\varphi.$$

После подстановки $a$ и $da$ в выражения для $T_{\text{ср}x}$ и $T_{\text{ср}r}$ и интегрирования с учетом $m \ll M$ получим

$$T_{\text{ср}x} = mu_x, \quad (6)$$

$$T_{\text{ср}r} = \frac{\pi}{4}mu_x. \quad (7)$$

Здесь необходимо заметить, что для моделирования вертикального пневмотранспорта существенна лишь осевая составляющая импульса $T_{\text{ср}x}$. Полученное выражение для $T_{\text{ср}r}$ – среднее значение модуля радиальной составляющей импульса. Очевидно, что в ограниченном стенками трубы объёме значение радиальной составляющей импульса $T_{\text{ср}r}$, усредненной по всем частицам, равно нулю, т.е. перемещения частиц в радиальном направлении приводят лишь к усреднению полученного импульса между частицами одной фракции.

Количество соударений одной крупной частицы фракции $i$ с мелкими частицами фракции $j$ в единицу времени (частота столкновений) определяется соотношением

$$f_{\text{ср}ij} = E_{ij}\frac{\pi\left(\delta_j+\delta_i\right)^2}{4}|\mathbf{u}|N_j,$$

где коэффициент $E_{ij}$ учитывает возможность искривления траекторий мелких частиц, увлекаемых потоком сплошной среды. Согласно работе [7], $E$ зависит от числа Стокса Stk – критерия подобия, используемого в гидродинамике взвесей, который определяет соотношение между силами инерции частиц и силами вязкого трения в сплошной среде.

$$\text{Stk} = \frac{\rho\delta_j^2 u}{\mu\delta_i}.$$

Для потенциального обтекания (Re→∞)

$$E = \left[\frac{\text{Stk}}{\text{Stk}+0,25}\right]^2 \left(\text{Stk} > 0,04\right).$$

Для вязкого обтекания (Re→0)

$$E = \left[1+0,75\frac{\ln\left(4\text{Stk}\right)}{2\text{Stk}-1,214}\right]^{-2}.$$

При низких значениях $E$ редко достигается непосредственный контакт между частицами. При этом одни частицы влияют на движение других через сплошную среду. Это явление существенно для потоков с очень мелкими частицами.

Учет коэффициента $E$ важен при моделировании процессов, которые зависят от непосредственного контакта между частицами – таких как агломерация или коагуляция частиц и пр. Для моделирования же движения частиц дисперсной фазы, в общем, не играет роли, каким образом при их столкновениях происходит обмен импульсом – при непосредственном контакте или через газовую прослойку между ними. Поэтому в дальнейшем рассмотрении будем предполагать, что $E = 1$.

Интервал между соударениями частиц фракции $j$ с частицей фракции $i$

$$\tau_{\text{ср}ij} = \frac{1}{f_{cij}} = \frac{4}{\pi\left(\delta_j+\delta_i\right)^2 \mathbf{u}N_j}. \qquad (8)$$

Сила, действующая на частицу $i$-го сорта, вызванная бомбардировкой мелкими частицами $j$-й фракции, равна

$$F_{1i} = m_j\frac{\pi\left(\delta_j+\delta_i\right)^2}{4\left(1+\dfrac{m_j}{m_i}\right)}|\mathbf{u}|^2 N_j.$$

Здесь $|\mathbf{u}|$ – модуль относительной скорости частиц различных фракций.

Удельная сила взаимодействия между $i$-ой и $j$-ой фракциями равна

$$R_{ij} = m_j E_{ij}\frac{\pi\left(\delta_j+\delta_i\right)^2}{4\left(1+\dfrac{m_j}{m_i}\right)}|\mathbf{u}|^2 N_j N_i.$$

Счетная концентрация частиц $i$-ой фракции равна

$$N_i = \frac{6c_i M_\Sigma}{\pi\delta_i^3\rho} = \frac{6\varepsilon_i}{\pi\delta_i^3}.$$

Удельную силу взаимодействия между фракциями можно выразить как

$$R_{ij} = \frac{m_j m_i}{m_j+m_i}\frac{\pi\left(\delta_j+\delta_i\right)^2}{4}|\mathbf{u}|^2\frac{6\varepsilon_j}{\pi\delta_j^3}\frac{6\varepsilon_i}{\pi\delta_i^3}. \qquad (9)$$

С учетом того, что $m_j N_j = c_j M_\Sigma$,

$$R_{ij} = E_{ij}\frac{6\left(\delta_j+\delta_i\right)^2}{4\delta_i^3\left(1+\dfrac{m_j}{m_i}\right)}|\mathbf{U}|^2 C_j M_\Sigma. \qquad (10)$$

Для анализа переходных процессов введем понятие времени динамической релаксации частиц. Данную характеристику обозначим $\tau_p$ и представим в виде

$$\tau_p = \frac{\rho_i\delta_i^2}{18\mu_0}. \qquad (11)$$

Время релаксации является характеристикой инерционности частицы и служит для оценки значимости переходных процессов. Как показали дальнейшие расчеты, для частиц коксовой мелочи характерные значения времени релаксации оказались довольно малы ($10^{-2}$–$10^{-6}$ с). Это позволяет принять следующие допущения:

– поток газовзвеси считаем стационарным и установившимся, т.е. производными по времени в уравнениях (1) и (2) можно пренебречь;

– характерное время процессов межфазного переноса (испарение влаги, выгорание летучих и т.п.) намного больше времени релаксации частиц, соответственно можно пренебречь последними слагаемыми в уравнениях (1) и (2).

Разумеется, при испарении влаги из частиц кокса и охлаждении потока меняется плотность газа, его объёмный расход и, соответственно, скорость. Но все эти изменения влияют на движение частиц опосредованно, через изменения параметров по высоте трубы, в каждом же сечении в каждый момент времени полагаем параметры неизменными и движение стационарным и установившимся.

Тогда, с учетом вышесказанного, движение многофазного вертикального потока можно описать следующей системой уравнений (индекс 0 относится к сплошной фазе – газу, индексы 1..*N* – к фракциям коксовых частиц):

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{N} f_{0i}\varepsilon_i S_i - \left(\tau_{ст0}\frac{4}{d}\right), & (12) \\ \rho_i\varepsilon_i g - \varepsilon_i\frac{dP}{dx} + f_{0i}\varepsilon_i S_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{N} R_{ij} - \left(\tau_{стi}\frac{4}{d}\right), & (13) \\ f_{0i} = \left(\frac{3}{\mathrm{Re}_i}\frac{4-3\varepsilon_i}{\varepsilon_i} + 0{,}045\left(\mathrm{Re}_i\zeta\right)^{-4/9} + 0{,}042\right)\rho_0\left(V_0 - U_i\right)\left|V_0 - U_i\right|\zeta^3, & (14) \\ R_{ij} = \frac{m_j m_i}{m_j + m_i}\frac{\pi\left(\delta_j + \delta_i\right)^2}{4}\left|\mathbf{u}\right|^2\frac{6\varepsilon_j}{\pi\delta_j^3}\frac{6\varepsilon_i}{\pi\delta_i^3}, & (15) \\ Re_i = \frac{\left|V_0 - U_i\right|\delta_i\rho_0}{\mu_0}, & (16) \\ \sum_{i=0}^{N}\varepsilon_i = 1. & (17) \end{cases}$$

В уравнениях (13)–(17) $i = 1..N$.

Если просуммировать уравнение (12) и уравнения (13) для всех $i = 1..N$, то с учетом зависимости (17) получим уравнение для расчета градиента давления в вертикальном потоке:

$$\frac{dp}{dx} = -\left(\rho_0\varepsilon_0 + \sum_{i=1}^{N}\rho_i\varepsilon_i\right)g - \left(\mathrm{grad}\, p_{ст}\right). \quad (18)$$

Здесь $(\mathrm{grad}\, p_{ст})$ –потери на гидравлическое трение о стенки трубы при движении двухфазного полидисперсного потока, которые можно выразить через касательные напряжения на стенке трубы:

$$\mathrm{grad}\, p_{ст} = \left(\tau_{ст0} + \sum_{I=1}^{N}\tau_{стi}\right)\frac{4}{d}, \quad (19)$$

где $\tau_{ст0}$ и $\tau_{стi}$ – касательные напряжения на стенке для сплошной и дисперсных фаз.

Одной из наиболее употребительных формул расчета удельных потерь давления является формула Гастерштадта [4], которая для полидисперсного потока имеет вид

$$\left(\tau_0 + \sum_{i=1}^{N}\tau_i\right) = \tau_0\left(1 + \sum_{i=1}^{N} c_i M_м K_i\right).$$

Здесь $\tau_0$ – касательные напряжения на стенке трубы при движении чистого газа; $K_i$ – коэффициент Гастерштадта, равный отношению $\lambda_i/\lambda_0$; $\lambda_0$ – коэффициент гидравлического трения чистого газа для гидравлически гладкой трубы; $\lambda_i$ – коэффициент сопротивления для частиц; $c_i$ – массовая доля *i*-й фракции; $M_м$ – расходная концентрация, кг/кг

Касательные напряжения на стенке трубы при движении чистого газа

$$\tau_0 = \lambda_0\frac{\rho_0 V_0^2}{8},$$

где $\lambda_0 = \dfrac{0{,}316}{\mathrm{Re}_0^{0{,}25}}$, $\mathrm{Re}_0 = \dfrac{V_0 d\rho_0}{\mu_0}$.

Для вертикальных потоков коэффициент $\lambda_i$ может быть найден из полуэмпирической зависимости: $\lambda_i = 5{,}5\left(1 - \dfrac{\delta_i}{d}\right)^2\dfrac{1}{Fr_i^{0{,}65}}$,

где критерий Фруда для частиц $Fr_i = \dfrac{U_i^2}{\delta_i g}$.

### Решение задачи вертикального пневмотранспорта полидисперсного материала

В качестве примера решения задачи вертикального пневмотранспорта полидисперсного сыпучего материала рассмотрим реальный случай нагревания отходов (мелочи) нефтяного кокса при подготовке их к формованию с целью утилизации. Коксовая мелочь нагревается смесью дымовых газов, отходящих из секции дожига печи прокалки товарного нефтяного кокса с температурой 1100–1300 °С, и газов из

котла-утилизатора с температурой 300 °С. В зависимости от соотношения указанных газовых потоков температура газовой смеси может изменяться в пределах от 500 до 800 °С. Массовый расход коксовой мелочи 10 т/ч = 2,778 кг/с. Массовый расход дымовых газов 101940 кг/ч = 28,32 кг/с. Влажность сырого нефтяного кокса 3–10 %. Начальная температура коксовой мелочи 20 °С. Коксовую мелочь требуется нагреть до 350–400 °С.

Система уравнений модели пневматического вертикального транспорта полидисперсного сыпучего материала (12)–(17) носит ярко выраженный нелинейный характер, поэтому её решение проводилось численными методами.

В качестве исходных данных задавались: дисперсный состав частиц материала, в том числе и их свойства (плотность, теплоёмкость, теплопроводность); свойства газа, приведенные к входным условиям; массовые расходы газа и материала; диаметр и высота трубы. Также задавалась требуемая точность вычислений $e = 10^{-6}$ как условие завершения итерационного процесса. В табл. 1 приведены сведения о фракционном составе коксовой мелочи и ее газодинамических характеристиках.

Скорость витания частиц:

$$V_{\text{вит}} = \frac{\mu \mathrm{Re}}{\delta \rho_0},$$

где $\mathrm{Re} = \dfrac{Ar}{18 + 0{,}6\sqrt{Ar}}$, $\mathrm{Ar} = \dfrac{g\delta^3}{\mu^2}\Delta\rho\rho_0$.

Для самой крупной частицы (8 мм) $V_{\text{вит}} = 24{,}9$ м/с.

Алгоритм разрешения уравнений (12)÷(17) следующий. На первом шаге после ввода исходных данных рассчитывались газодинамические характеристики частиц – скорости витания и времена релаксации для каждой фракции. Найденные скорости витания принимались в качестве первого приближения для скоростей частиц относительно несущего потока. Объёмные доли каждой фракции в потоке определялись как

$$\varepsilon_i = \frac{G_i c_i}{U_i \rho_i} \frac{4}{\pi d^2}.$$

Уточнялась истинная скорость газа

$$V_0 = \frac{G_0}{\rho_0 \left(1 - \sum \varepsilon_i\right)} \frac{4}{\pi d^2}.$$

По уравнениям (13)–(15) рассчитывались удельная сила межфазного взаимодействия между частицами каждой фракции и газом $f_{0i}$, а также удельная сила взаимодействия между фракциями $R_{ij}$. По уравнениям (18)–(19) рассчитывался градиент давления в газе. Рассчитывались невязки $\Delta W_0$ и $\Delta W_i$ правых частей уравнений (12) и (13) как

$$\Delta W_0 = -\rho_0 \varepsilon_0 g - \varepsilon_0 \frac{dP}{dx} - \sum_{i=1}^{N} f_{0i} \varepsilon_i S_i - \left(\tau_{\text{ст}0} \frac{4}{d}\right)$$

и

$$\Delta Wi = -\rho_i \varepsilon_i g - \varepsilon_i \frac{dP}{dx} + f_{0i} \varepsilon_i S_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N} R_{ij} - \left(\tau_{\text{ст}i} \frac{4}{d}\right).$$

Находились скорости частиц каждой фракции

$$U_i^{iter+1} = U_i^{iter} + \omega \cdot \Delta W_i,$$

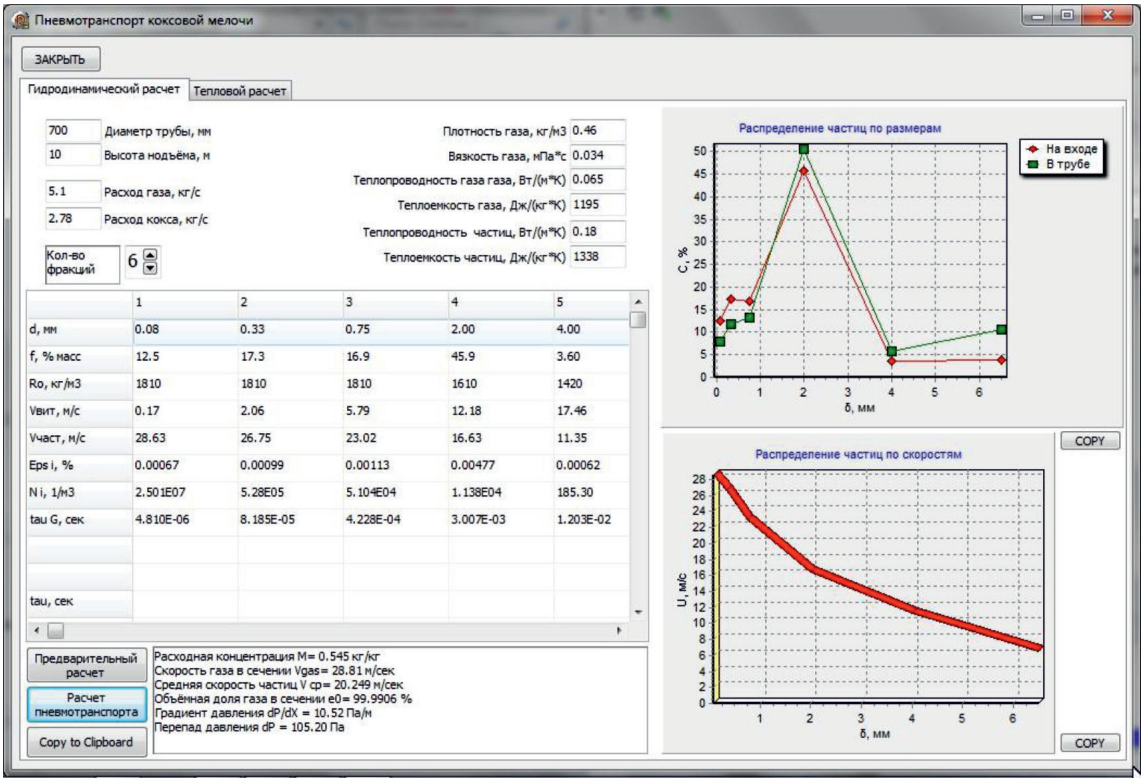
где ω – параметр релаксации итерационной процедуры; принимался равным 0,002÷0,01.

Если не выполнялось хотя бы одно из условий: ($\Delta W_0 < e$) или ($\Delta W_i < e$), то совершалась следующая итерация с возвратом на шаг 2.

**Таблица 1**

Фракционный состав коксовой мелочи и ее аэродинамические характеристики

| Фракционный состав коксовой мелочи | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| δ, мм | 0–0,16 | 0,16–0,50 | 0,50–1,0 | 1–3 | 3–5 | 5–8 |
| $c_i$, мас.% | 12,50 | 17,30 | 16,90 | 45,90 | 3,60 | 3,80 |
| $\delta_{\text{ср}}$, мм | 0,08 | 0,33 | 0,75 | 2 | 4 | 6,5 |
| ρ, кг/м$^3$ | 1810 | 1810 | 1810 | 1500 | 1350 | 1350 |
| Газодинамические характеристики | | | | | | |
| Ar | 3,42 | $2{,}40\times10^{2}$ | $2{,}81\times10^{3}$ | $4{,}42\times10^{4}$ | $3{,}18\times10^{5}$ | $1{,}37\times10^{6}$ |
| Re | 0,18 | 8,79 | 56,5 | 306,8 | 893 | 1900 |
| $V_{\text{вит}}$, м/с | 0,17 | 2,03 | 5,75 | 11,70 | 17,04 | 22,30 |
| $t_p$, с | $4{,}66\times10^{-6}$ | $7{,}93\times10^{-5}$ | $4{,}10\times10^{-4}$ | $2{,}91\times10^{-3}$ | $1{,}16\times10^{-2}$ | $3{,}08\times10^{-2}$ |




| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| d, мм | 0.08 | 0.33 | 0.75 | 2.00 | 4.00 |
| f, % масс | 12.5 | 17.3 | 16.9 | 45.9 | 3.60 |
| Ro, кг/м3 | 1810 | 1810 | 1810 | 1610 | 1420 |
| Vвит, м/с | 0.17 | 2.06 | 5.79 | 12.18 | 17.46 |
| Vчаст, м/с | 28.63 | 26.75 | 23.02 | 16.63 | 11.35 |
| Eps i, % | 0.00067 | 0.00099 | 0.00113 | 0.00477 | 0.00062 |
| N i, 1/м3 | 2.501E07 | 5.28E05 | 5.104E04 | 1.138E04 | 185.30 |
| tau G, сек | 4.810E-06 | 8.185E-05 | 4.228E-04 | 3.007E-03 | 1.203E-02 |
| tau, сек | | | | | |

*Рис. 2. Главное окно программы расчета вертикального пневмотранспорта полидисперсного материала*

**Таблица 2**

Сводная таблица результатов решения системы уравнений (12)–(17)

| | | | Номер фракции | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Диаметр частиц | | δ, мм | 0,08 | 0,33 | 0,75 | 2 | 4 | 6,5 |
| Фракционный состав | | *f*, мас,% | 12,5 | 17,3 | 16,9 | 45,9 | 3,6 | 3,8 |
| Плотность частиц | | $\rho_o$, кг/м$^3$ | 1810 | 1810 | 1810 | 1610 | 1420 | 1350 |
| Время релаксации | | $\tau_p$, с | $4{,}81\times10^{-6}$ | $8{,}19\times10^{-5}$ | $4{,}23\times10^{-4}$ | $3{,}01\times10^{-3}$ | $1{,}20\times10^{-2}$ | $3{,}18\times10^{-2}$ |
| Удельная сила взаимодействия между фракциями | $f_j$, Н/м$^3$ | 1 | 0,0000 | – 0,0030 | – 0,0105 | – 0,0676 | – 0,0088 | – 0,0167 |
| | | 2 | 0,0030 | 0,0000 | – 0,0107 | – 0,0888 | – 0,0116 | – 0,0222 |
| | | 3 | 0,0105 | 0,0107 | 0,0000 | – 0,0532 | – 0,0091 | – 0,0189 |
| | | 4 | 0,0676 | 0,0888 | 0,0532 | 0,0000 | – 0,0098 | – 0,0353 |
| | | 5 | 0,0088 | 0,0116 | 0,0091 | 0,0098 | 0,0000 | – 0,0012 |
| | | 6 | 0,0167 | 0,0222 | 0,0189 | 0,0353 | 0,0012 | 0,0000 |
| Силы межфракционного взаимодействия при столкновении частиц | | $R_{ij}$, Н/м$^3$ | – 0,107 | – 0,130 | – 0,0599 | 0,1645 | 0,0381 | 0,0942 |
| Межфазная сила | | $R_{i0}$, Н/м$^3$ | 0,1189 | 0,1894 | 0,2317 | 0,8324 | 0,0870 | 0,1477 |
| Объёмная доля | | $\varepsilon_i$ | 0,0007 | 0,001 | 0,00113 | 0,00482 | 0,00062 | 0,00119 |
| Скорость частиц | | *U*, м/с | 28,55 | 26,59 | 22,92 | 16,45 | 11,33 | 6,55 |

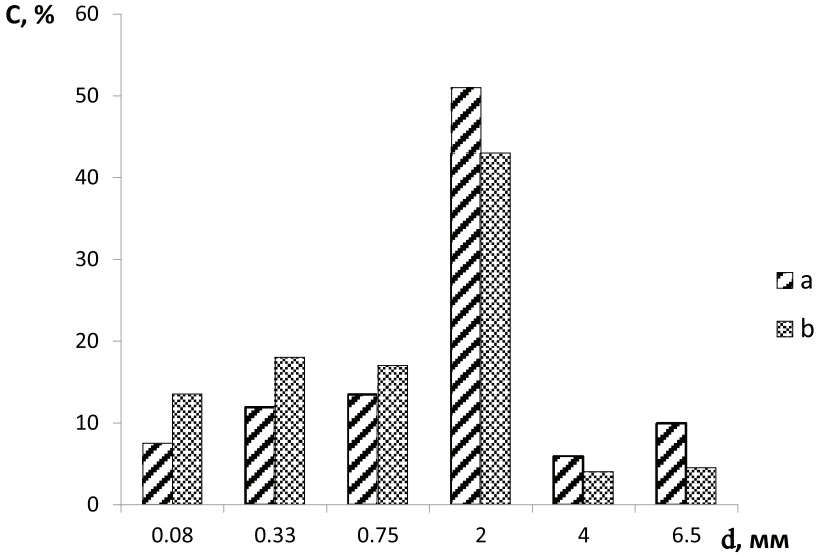



*Рис. 3. Распределение частиц по размерам: а – на входе в трубу; б – в самой трубе*

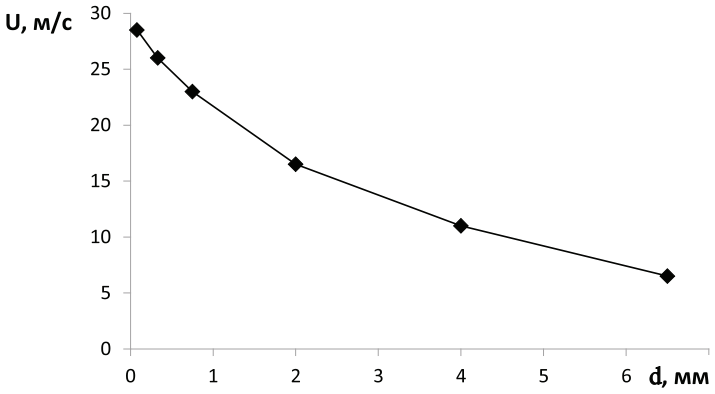



*Рис. 4. Распределение частиц по скоростям*

Для проведения расчетов по приведенному алгоритму была разработана программа на языке Delphi. Скриншот главного окна программы приведен на рис. 2. Результаты численного решения приведены в сводной табл. 2.

Итогом численного решения поставленной задачи явились найденные параметры пневмотранспорта коксовой мелочи: требуемый объемный расход топочного газа 11,2 м$^3$/с (из теплового баланса); диаметр вертикальной трубы $d_{тр}$ = 0,7 м; расходная концентрация $M_м$ = 0,545 кг/кг; скорость газа в сечении $V_0$ = 28,81 м/с; средняя скорость частиц $V_{ср}$ = 20,25 м/с; объёмная доля газа в сечений $\varepsilon_0$ = 99,99 %; градиент давления $dp/dx$ = 10,52 Па/м.

Фракционное распределение частиц по размерам на входе в трубу и в самой трубе показано на рис. 3. Распределение частиц по скоростям приведено на рис. 4.

**Заключение**

Вследствие различной скорости движения частиц разного размера, фракционный состав материала в пневмотранспортной трубе отличается от заданного на входе (см. рис. 3) – относительное содержание крупных частиц увеличивается (они дольше задерживаются в трубе), а относительное содержание мелких частиц уменьшается (они быстрее вылетают).

Столкновение между частицами различных фракций оказывает существенное влияние на движение отдельных фракций дисперсного материала. Как видно из табл. 2, силы межфракционного взаимодействия, обусловленные столкновением частиц ($R_{ij}$), по численному значению соизмеримы с силами межфазного взаимодействия с газом ($R_{i0}$).

Для частиц мелких фракций столкновение с крупными частицами оказывает тормозящее действие (удельная сила $R_{ij}$ имеет отрицатель-

ное значение), в то время как для крупных частиц сила $R_{ij}$ по знаку совпадает с силами межфазного взаимодействия с газом ($R_{i0}$), т.е. крупные частицы «подгоняются» мелкими. В целом это приводит к уменьшению разброса между скоростями движения частиц.

Полученные значения параметров движения полидисперсного материала позволяют перейти к расчетам тепло- и массообменных процессов при пневмотранспорте коксовой мелочи.

### Список литературы

1. Яблокова М.А. Современные технологии и оборудование для утилизации мелких нетоварных фракций нефтяного кокса / М.А. Яблокова, Е.А. Пономаренко, Н.В. Георгиевский // Известия Санкт-Петербургского гос. технологического института (технического университета). – 2016. – № 34(60). – С. 67–78.

2. Яблокова М.А., Георгиевский Н.В. Новая технология утилизации коксовой мелочи // В сб. Проблемы и достижения современной науки: Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Уфа: НИЦ «Ника». – 2017. – 146 с.

3. Технологический регламент установки прокалки нефтяного кокса ТР-2-015-006-08. – Атырау: ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод», 2014. – 104 с.

4. Новый справочник химика и технолога. Т.6. Процессы и аппараты химических технологий. Часть I / Под ред. Островского Г.М. – СПб.: Профессионал, 2004. – 841 с.

5. Островский Г.М. Прикладная механика неоднородных сред. – СПб.: Наука, 2000. – 359 с.

6. Вараксин А.Ю. Столкновения в потоках газа с твердыми частицами. – М.: Физматлит, 2008. – 312 с.

7. Шрайбер А.А., Милютин В.Н., Яценко В.П. Гидромеханика двухкомпонентных потоков с твёрдым полидисперсным веществом. – Киев: Наукова думка, 1980. – 252 с.

8. Eskin D., Leonenko Y., Vinogradov O. An engineering model of dilute polydisperse pneumatic conveying // Chem. Eng. and Processing. – 2007. – vol. 46. – P. 247–256.

УДК 621.515/.337.5

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМПАЖА ТУРБОКОМПРЕССОРА В РЕЖИМАХ ЕГО ТОРМОЖЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМОЙ ЗАСЛОНКОЙ

**[2]Игнатьев А.Г., [1,2]Гриценко А.В., [1]Бурцев А.Ю., [1,2]Глемба К.В., [3]Карпенко А.Г., [3]Руднев В.В.**

*[1]ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», Челябинск, e-mail: alexgrits13@mail.ru;*

*[2]ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Челябинск, e-mail: glemba77@mail.ru;*

*[3]ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», Челябинск, e-mail: angr123@list.ru*

Турбокомпрессор современных тракторов и автомобилей является наиболее нагруженным элементом. Рабочие частоты вращения его ротора лежат в пределах 10000–300000 мин$^{-1}$, температура корпусных деталей достигает 800 °С, температура масла составляет 80–180 °С. Работа турбокомпрессора в статике характеризуется постоянством большинства рабочих параметров, что не требует особых мероприятий по обеспечению его надежности. Однако переходные режимы, режимы пуска и остановки двигателя, внезапные перепады нагрузки, вызванные стохастичностью крутящего момента на коленчатом валу двигателя, создают градиенты давлений, расходов и температур масла. Предлагается вредное воздействие стохастической нагрузки устранить за счет использования гидроаккумулятора и тормозного устройства. Для проведения экспериментальных исследований был разработан исследовательский стенд с турбокомпрессором ТКР-11Н2. Для установления резонансных частот и амплитуд колебаний использовался вибростенд. С исследовательского стенда была снята заслонка, и в программе FORTRAN построена ее модель, включающая 26822 элемента, 42266 узлов. Последовательно проверялись резонансные частоты и амплитуды колебаний заслонки при пяти первых резонансных частотах. Первая резонансная частота наблюдалась при f = 1310,7 Гц. Амплитуда колебаний заслонки составила Amax = 1,23 мм. На экспериментальной установке первая резонансная частота составила f = 1390 Гц. Доказано, что применение тормозного устройства ротора турбокомпрессора, встроенного в систему впуска двигателя, сокращает продолжительность выбега ротора на 30–35 % и позволяет уменьшить габариты, время работы гидроаккумулятора. Последующая экспериментальная работа будет сконцентрирована на автоматическом формировании заданного угла положения заслонки в режиме выбега при исключении помпажа.

**Ключевые слова: двигатель, турбокомпрессор, подшипники, поворотная заслонка, помпаж, торможение, время выбега, колебания, резонанс**

# INVESTIGATION OF SURGING TURBOCHARGER IN THE MODES OF ITS BRAKING BY AN ADJUSTABLE DAMPER

**[2]Ignatev A.G., [1,2]Gritsenko A.V., [1]Burtsev A.Yu., [1,2]Glemba K.V., [3]Karpenko A.G., [3]Rudnev V.V.**

*[1]South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, e-mail: alexgrits13@mail.ru;*

*[2]South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, e-mail: glemba77@mail.ru;*

*[3]South Ural State Humanitarian-Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: angr123@list.ru*

Abstract. The turbocharger of modern tractors and cars is the most loaded element. The working rotational speed of its rotor lies in the range of 10,000–300,000 rpm, the temperature of the hull parts reaches 800 °C, the oil temperature is 80–180 °C. The work of a turbocharger in a statics is characterized by the constancy of the majority of operating parameters. What does not require special measures to ensure its reliability. However, transient modes, starting and stopping modes of the engine, sudden load changes caused by stochasticity of the torque on the crankshaft of the engine, create gradients of pressure, flow and oil temperatures. It is proposed to eliminate the harmful effect of the stochastic load by using a hydraulic accumulator and a brake device. For carrying out of experimental researches the research stand with turbocompressor TKP-11H2 has been developed. To establish the resonant frequencies and amplitudes of oscillations, a shaker was used. From the research stand the damper was removed and FORTRAN program built its model, including 26822 elements, 42266 knots. Resonant frequencies and damper oscillation amplitudes were checked in succession at the first five resonant frequencies. The first resonant frequency was observed at f = 1310,7 Hz. The amplitude of the damper oscillations was Amax = 1,23 mm. In the experimental setup, the first resonant frequency was f = 1390 Hz. It is proved that the application of the rotor brake of the turbocharger built into the engine intake system reduces the duration of the rotor run-out by 30–35 % and allows to reduce the dimensions and operating time of the accumulator. The subsequent experimental work will be concentrated on the automatic formation of the set angle of the flap position in the run-out mode with exclusion of surging.

**Keywords: engine, turbocharger, bearings, rotary damper, surging, braking, run-out time, oscillations, resonance**

Турбокомпрессор (ТКР) является наиболее нагруженным элементом двигателя (ДВС). В рядовых условиях эксплуатации его рабочие частоты лежат в пределах 10000–300000 мин$^{-1}$, температура корпусных деталей достигает 800 °С, температура масла 80–180 °С. Работа турбокомпрессора в статическом (установившемся) режиме не

вызывает существенных проблем. Однако переходные режимы, режимы пуска и остановки ДВС, внезапные перепады нагрузки, вызванные стохастичностью крутящего момента на коленчатом валу ДВС, создают временные градиенты (перепады) давлений, расходов и температур масла, а также вызывают существенные динамические перегрузки элементов ТКР. Проблему стохастичности решают путем увеличения коэффициента запаса мощности и крутящего момента [1], снижения инерционности за счет автоматических трансмиссий [2], рациональной нагрузки при использовании с/х орудий [3]. Но, как показывает анализ стохастичности нагрузочных режимов при выполнении с/х операций на различных тракторах, неравномерность нагрузки можно свести к минимуму, но совсем избавиться от нее невозможно [4–6]. Поэтому последствия стохастичности различные ученые и научные организации пытаются решить самыми разными путями: конструктивным совершенствованием ТКР и подшипниковых узлов, разработкой технологий изготовления их деталей и использованием новых конструкционных материалов, модернизацией системы смазки подшипников ТКР, использованием электрических насосов и турботаймеров, различных электронных и микропроцессорных систем слежения и обеспечения рабочих режимов функционирования [3, 6, 7]. В этом направлении работает большая часть научных организаций, технических вузов, конструкторских бюро предприятий [2, 4, 8].

В нашей работе вредное воздействие стохастической нагрузки устранено за счет использования гидроаккумулятора и тормозного устройства. Режимы работы гидроаккумулятора достаточно изучены [1, 7]. Однако использование тормозного устройства в виде воздушного дросселя вызывает ряд вопросов, в частности о возникновении явления помпажа. Таким образом, целью статьи является исследование характеристик воздушного дросселя с целью предотвращения помпажа.

**Теоретические исследования.** Прочность, т.е. надежность двигателей и их систем, определяется прочностью их составных элементов (деталей, сборочных единиц) конструкции. Различают статическую и динамическую прочность упругих конструкций. При статической прочности нагрузка, прилагаемая к детали, остается во времени постоянной и, следовательно, упругое деформированное состояние конструкции также остается неизменным во времени. При динамической – нагрузка является функцией времени и изменяется по некоторому сложному закону. В соответствии с этим по такому же закону деформируется упругая система. Таким образом, динамическая прочность конструкции связана с колебательным процессом, под которым понимается изменение некоторого параметра во времени.

Из теории колебаний упругих систем известно, что каждой из собственных частот системы соответствует своя определенная форма колебаний (своя определенная частота колебаний) [2, 8, 9]. В теории колебательных процессов известно использование резонансной кривой (рис. 1).

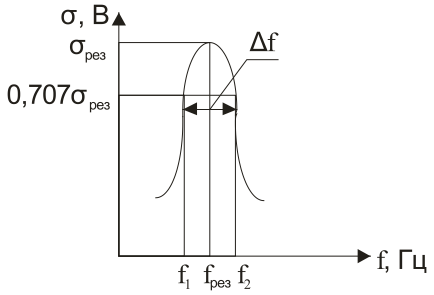



*Рис. 1. Резонансная кривая: зависимость амплитуды вибронапряжений σ, В от частоты f, Гц*

После получения резонансной кривой ее обрабатывают по формуле

$$\delta = \frac{\pi \cdot \Delta f}{f_p}, \qquad (1)$$

где δ – декремент колебаний; $\Delta f$ – ширина резонансной кривой при уровне вибронапряжений 0,707 от резонансного; $f_p$ – резонансная частота.

Таким образом, предлагаемый метод является одним из способов замера величины демпфирования в любой колебательной системе.

В спектре возбуждающей силы $q(x, t)$ содержатся различные гармоники возбуждения. В общем виде спектр возбуждения может быть представлен разложением Фурье:

$$q(x,t) = Q_0(x) + Q_1(x) \cdot \cos(\omega \cdot t + a_1) + Q_2(x) \cdot \cos(2\omega \cdot t + a_2) + \\ + Q_k(x) \cdot \cos(k\omega \cdot t + a_k), \qquad (2)$$

где $Q_0(x)$ – статическая составляющая распределенной по длине заслонки нагрузки; $Q_1(x)$, $Q_2(x)$, $Q_k(x)$ – амплитудные значения переменных нагрузок, соответствующих 1, 2, $k$ гармоникам возбуждения; ω – частота возбуждающей силы; $a_1$, $a_2$, $a_k$ – фазовые сдвиги силы.

Для резонанса характерно совпадение частоты возбуждения с одной из собственных частот заслонки $\omega_{0i}$, т.е. $\omega_{0i} = k\omega_{0i}$. При этом одно из слагаемых выражения (2) будет значительно больше остальных, поэтому можно рассматривать колебания заслонки на резонансе этой формы.

Допустим, что гармоническая возбуждающая нагрузка $q(x, t)$ вызывает гармоническое перемещение:

$$S(x,t) = y(x)\cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right) = y(x)\sin\omega_0 t. \quad (3)$$

Здесь учтен сдвиг силы относительно перемещения на угол $\frac{\pi}{2}$.

Возмущающая сила интенсивности $q(x, t)$, распределенная на участке длиной $dx$, будет совершать элементарную работу на перемещении $dS$

$$dW_B = q(x,t)\,dx dS, \quad (4)$$

где

$$dS = y(x)cos\omega_0 t d(\omega_0 t). \quad (5)$$

Подставив в уравнение (4) значения $q(x, t)$ из (2 ) и $dS$ из (5), получим

$$dW_B = Q(x)\cos\omega_0 t \cdot y(x)\cos\omega_0 t \cdot dx \cdot d(\omega_0 t). \quad (6)$$

Работа возбуждающей силы по всей длине заслонки за цикл колебаний определится выражением

$$W_B = \int_0^l Q(x)\,y(x)\cdot dx \cdot \int_0^{2\pi} \cos^2\omega_0 t \cdot d(\omega_0 t) =$$

$$= \pi \int_0^l Q(x)\,y(x)\cdot dx. \quad (7)$$

Можно обнаружить большое число источников возмущения газовоздушного потока. Частота возбуждающей силы $f_B$, вызывающая колебания заслонки, определяется секундной частотой вращения ротора $n_c$ и числом импульсов $k$, получаемых заслонкой за один оборот ротора от конструктивного устройства, расположенного в проточной части турбомашины, т.е.

$$f_B = k \cdot n_C, \quad (8)$$

где $k$ – целое число ($k$ = 1, 2, 3, ...).

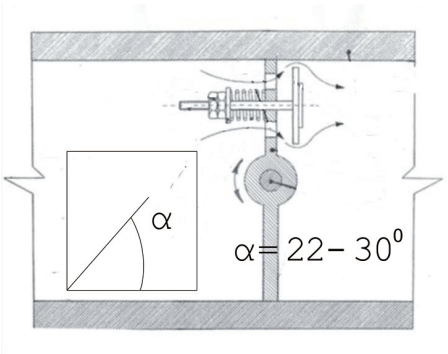
Целое число $k$ называется номером гармоники возбуждающей силы. Номер гармоники соответствует числу конструктивных элементов, находящихся в тракте двигателя и вносящих возмущения в поток. Так, $k$ = 1 означает, что возмущение в поток вносится одним конструктивным элементом, например датчиком обледенения. При $k$ = 4 в тракте имеется, например, четыре стойки или винт с четырьмя лопастями. Если число лопаток направляющего аппарата равно z, то возмущенный поток будет иметь гармонику $k = z$, и заслонка станет подвергаться действию возбуждающей силы с частотой $f_B = z \cdot n_C$. К опасным резонансам относятся колебания по основному тону, а также резонансы в области рабочих режимов работы двигателя. Что касается других резонансов, то степень их опасности можно определить только на работающем двигателе тензометрированием заслонки.

## Методика экспериментальных исследований

Для последующей реализации экспериментальных исследований был разработан исследовательский стенд с турбокомпрессором ТКР-11Н2 (рис. 2, а).

В нагнетательную магистраль была установлена воздушная заслонка со следящим приводом с целью торможения воздушного потока (рис. 2, б).

*а)*




*б)*

*Рис. 2. а) внешний вид стенда с установленным на нем гидроаккумулятором и тормозным устройством; б) схема тормозной заслонки со встроенным противоаварийным клапаном*

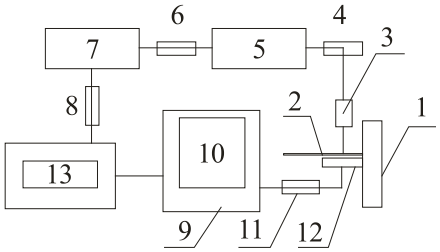



*Рис. 3. Блок-схема экспериментальной установки: 1 – основание, 2 – заслонка, 3 – вибратор, 4, 6, 8, 11 – уровни сигналов сил возбуждения и вибронапряжений (до входа в усилители и на выходе из них), 5 – усилитель, 7 – генератор сигналов, 9 – регистратор сигналов с объекта исследований, 10 – фигура Лиссажу, 12 – датчик вибронапряжений, 13 – фиксатор частоты*

Для экспериментального определения спектра собственных частот и форм колебаний заслонки была разработана блок-схема экспериментальной установки (рис. 3).

Возбуждение колебаний заслонки производится электромагнитным вибратором, питаемым от усилителя током переменной частоты. Плавно изменяя частоту генератора, получаем совпадение собственных частот с частотами возбуждения (рис. 1), т.е. упругую систему (заслонку) настраиваем на резонансы ($f_{рез1}, f_{рез2}, f_{рез3}$), которые характеризуются резким возрастанием виброамплитуды, фиксируемой на экране осциллографа (или другим прибором).

## Результаты экспериментальных исследований

В проведении экспериментальных исследований на стенде получены уравнения свободного выбега ротора ТКР-11Н2 для трех значений частот вращения ротора ТКР:

а) $n_н$ = 40000 мин$^{-1}$

$$\omega(t) = 4251 - 148,078 \cdot t + 1,274 \cdot t^2,$$

б) $n_н$ = 20000 мин$^{-1}$

$$\omega(t) = 2117 - 89,371 \cdot t + 0,917 \cdot t^2, \quad (5)$$

в) $n_н$ = 10000 мин$^{-1}$

$$\omega(t) = 905,648 - 46,713 \cdot t + 0,554 \cdot t^2.$$

Было установлено, что при использовании тормозного устройства в виде заслонки продолжительность выбега ротора ТКР сокращается на 30–40 %. Тормозное устройство обеспечивает увеличение замедления при свободном выбеге ротора ТКР.

## Результаты моделирования в программе FORTRAN нагрузочных режимов на заслонку с противопомпажным клапаном и последующая их проверка на экспериментальной установке

С исследовательского стенда была снята заслонка и в программе FORTRAN построена ее модель, включающая 26822 элемента, 42266 узлов, 3D элементы, тип – Tet10 (рис. 4).

Последовательно проверялись резонансные частоты и амплитуды колебаний заслонки при пяти первых резонансных частотах. Первая резонансная частота наблюдалась при $f$ = 1310,7 Гц. Амплитуда колебаний заслонки составила Amax = 1,23 мм. Результаты моделирования первой резонансной частоты при $f$ = 1310,7 Гц и Amax = 1,23 мм представлены на рис. 5.

На экспериментальной установке первая резонансная частота составила $f$ = 1390 Гц. Вторая резонансная частота наблюдалась при $f$ = 2236,9 Гц. Амплитуда колебаний заслонки составила Amax = 1,04 мм. Третья резонансная частота наблюдалась при $f$ = 3794 Гц. Амплитуда колебаний заслонки составила Amax = 1,14 мм. Четвертая резонансная частота наблюдалась при $f$ = 5074,7 Гц. Амплитуда колебаний заслонки составила Amax = 1,12 мм. Пятая резонансная частота наблюдалась при $f$ = 5822,8 Гц. Амплитуда колебаний заслонки составила Amax = 6,13 мм. На экспериментальной установке вторая резонансная частота составила $f$ = 2310 Гц, третья $f$ = 3830 Гц, четвертая $f$ = 5120 Гц, пятая f=5880 Гц.

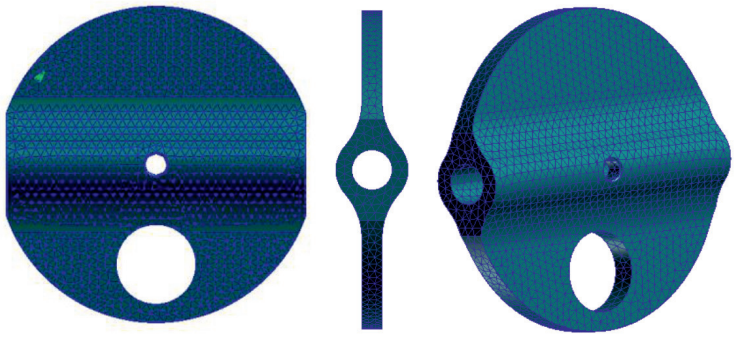


*Рис. 4. Модель заслонки с противопомпажным клапаном*

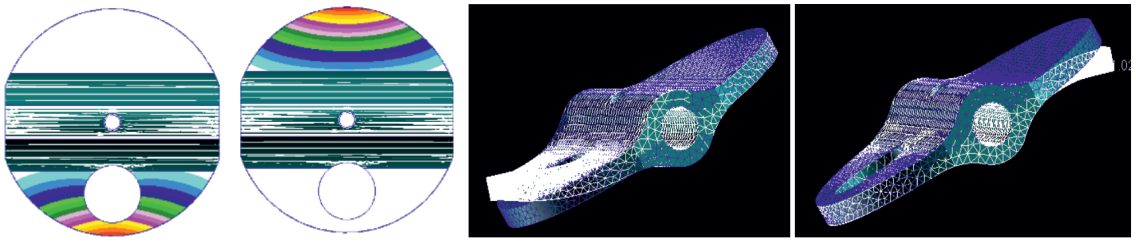


*Рис. 5. Результаты моделирования первой резонансной частоты при f = 1310,7 Гц и Amax = 1,23 мм*

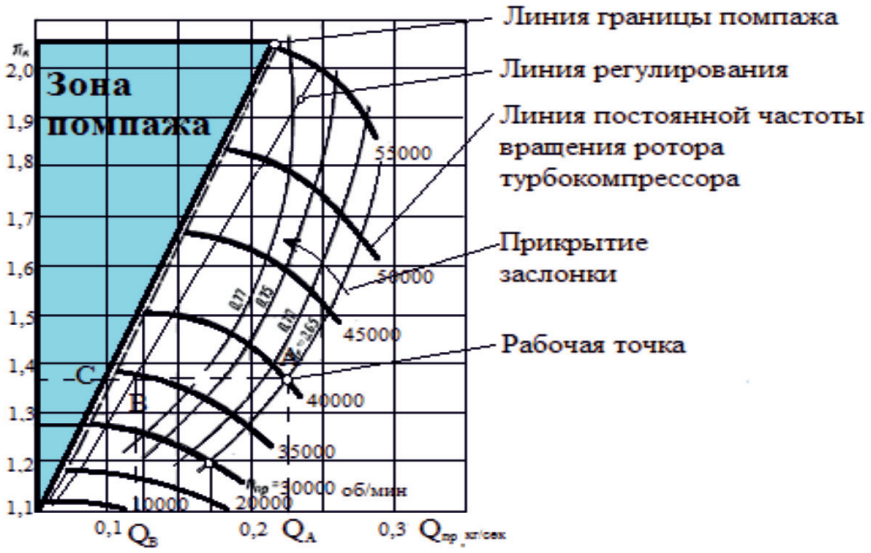



*Рис. 6. Характеристики турбокомпрессора ТКР-11Н2 на стенде в режиме торможения*

Кроме того, экспериментально с учетом полученных резонансных частот были получены характеристики турбокомпрессора ТКР-11Н2 на стенде в режиме торможения. Поясним процесс торможения на грани помпажа по рис. 6.

При полностью открытой заслонке режим работы компрессора определяется точкой *A*, ей соответствуют значения производительности $Q_A$ и степень повышения давления $\pi_A$. При дальнейшем прикрытии заслонки рабочая точка сдвигается левее и попадает в точку *B* границы линии регулирования. Дальнейшее прикрытие заслонки не рекомендуется, т.к. в точке *C* компрессор попадает в режим помпажа. Что фиксировалось тензодатчиком по резкому возрастанию вибраций и резонансной частоте.

## Выводы

Моделированием резонансных частот было установлено, что заслонка тормозного устройства компрессора турбокомпрессора в режиме торможения ротора не должна быть полностью закрыта, а приоткрыта не менее чем на 22–30 градусов. Последующая экспериментальная работа будет сконцентрирована на автоматическом формировании заданного угла положения заслонки в режиме выбега при исключении помпажных явлений. Доказано, что применение тормозного устройства ротора ТКР, встроенного в систему впуска ДВС, сокращает продолжительность выбега ротора на 30–35 % и позволяет уменьшить габариты, время работы гидроаккумулятора.

## Список литературы

1. Plaksin A.M. Modernization of the turbocharger lubrication system of an Internal combustion engine [Текст] / A.M. Plaksin, A.V. Gritsenko, K.V. Glemba // Procedia Engineering. – 2015. – Т. 129. – P. 857–862.

2. Фролов В.А. Изучение методов определения динамических характеристик лопаток турбомашин [Текст]: Метод,

указания. Часть 1 / В.А. Фролов, А.И. Ермаков. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 43 с.

3. Носырев Д.Я. Экспериментальные исследования работы турбокомпрессора в момент начала вращения и в момент остановки [Текст] / Д.Я. Носырев, А.А. Свечников, Ю.Ю. Становова // Вестник транспорта Поволжья. – 2014. – № 1 (43). – С. 15–19.

4. Гузельбаев Я.З. Способ защиты компрессора от помпажа [Текст] / Я.З. Гузельбаев, А.Т. Лунев, А.Л. Хавкин, И.Ф. Хуснутдинов // Компрессорная техника и пневматика. – 2013. – № 2. – С. 9.

5. Денисов А.С. Повышение эксплуатационной надежности турбокомпрессоров ТКР 7Н [Текст] / А.С. Денисов, А.Ф. Малаховецкий, А.Т. Кулаков, Н.И. Светличный, Г.Г. Гаффаров, Р.Т. Тазеев // Вестник СГТУ. – 2004. – № 1 (2). – С. 69–76.

6. Кабанов О.В. Современные тенденции противопомпажной защиты компрессорного оборудования [Текст] / О.В. Кабанов, А.О. Грыжебовский // Актуальные проблемы современной науки. – 2016. – № 2 (87). – С. 266–269.

7. Коркин А.А. Перспективы использования гидроаккумуляторов в системах смазки турбокомпрессоров [Текст] / А.А. Коркин // Механики – XXI веку. – Братск: Бр. гос. ун-т, 2008. – С. 284–285.

8. Шорин В.П. Устранение колебаний в авиационных трубопроводах [Текст] / В.П. Шорин. – М.: Машиностроение, 1980. – 156 с.

9. Хадиев М.Б.. Механизм помпажа в центробежных компрессорах [Текст] / М.Б. Хадиев, Н.Х. Зиннатуллин, И.М. Нафиков // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 8. – С. 262–266.

УДК 004.414.23:675.92.023.22

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Коробова Л.А., Гладких Т.В.**

*Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, e-mail: lyudmila_korobova@mail.ru*

В данной статье рассматривается процесс измельчения порошкообразных материалов и возможность применения компьютерного моделирования для нахождения рекомендуемых значений параметров дробильного оборудования. Информационные технологии все больше входят в управление технологическими процессами. Как правило, для оценки и анализа возможных критических ситуаций протекания процессов невозможно использовать физическое моделирование. Это требовало бы остановки производства и проведения эксперимента на натуральном процессе. Причем особый интерес вызывают критические или экстренные ситуации, что в любом случае не применимо к действующему производству. Для проработки таких ситуаций и последующего моделирования процессов целесообразно использовать математическое или компьютерное моделирование. Для этого существуют специализированные программные продукты и приложения. Одной из таких программ является Mathcad.

**Ключевые слова: сушка, дробильное оборудование, процессы измельчения, математическое и компьютерное моделирование**

# COMPUTER MODELING OF THE PROCESS PRODUCTION OF POWDER MATERIALS

**Korobova L.A., Gladkikh T.V.**

*Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: lyudmila_korobova@mail.ru*

This article discusses the process of grinding of powdery materials and the possibility of using computer simulation for finding the recommended values of the parameters of the crushing equipment. Information technology with the greater power includes the control of technological processes. As a rule, for the evaluation and analysis of possible critical situations of the processes it is impossible to use physical modeling. This would require stopping production and experiment in the natural process. With a special interest in critical or emergency situations that in any case not applicable to the current production. To address such situations and subsequent simulation processes it is expedient to use mathematical or computer modeling. For this there are specialized software products and applications. One such program is Mathcad.

**Keywords: drying, crushing equipment, processes of melcene, mathematical and computer modeling**

В большом количестве различных технологий и производств существуют разнообразные процессы измельчения. Под измельчением будем понимать процесс, при котором происходит уменьшение размера частиц исходного сырья, сопровождающееся увеличением удельной поверхности [1]. При этом сам процесс ориентирован на следующее физическое изменение первичного материала:

– получение результата равномерности распределения особенных частей в многокомпонентных смесях;

– перемена физических качеств измельчаемых жестких тел с целью приобретения необходимых характеристик (свободная поверхность, сыпучесть, объемная плотность, насыпная масса);

– увеличение биодоступности и терапевтической эффективности фармацевтических элементов в лекарственных формах;

– форсирование массообменных процессов (растворение, сушка, экстракция) и химических реакций.

Процесс тонкого измельчения является крайне энергоемким, т.е. требует больших энергетических затрат и связан с безвозвратной потерей металла из-за износа рабочих элементов измельчителей – молотков. Значительные энергетические затраты объясняются рядом причин. Во-первых, большими объемами перерабатываемых материалов, во-вторых, низкой эффективностью и КПД (несколько процентов) машин для измельчения. В таком случае модернизация молотковой мельницы является наиболее актуальным вопросом на производстве. Необходимо оптимизировать нагрузку по мощности и скорость вращения двигателя измельчителя. Чем суше сырье, тем тоньше размол, но больше пыли. Чем влажнее сырье, тем меньше пыли, но выше усилия размола и, следовательно, больше энергозатраты.

Таким образом, нужно найти оптимум по размолу сырья и мощности энергии, затрачиваемой на процесс измельчения и высушивания готового продукта.

На выбор вида двигателя влияют следующие моменты:

– порядок работы привода и обеспечения соответствующей механической характеристики;

– сфера индустрии, для которой выпускается продукт измельчения;

– наличие того или иного источника электрической энергии;

– объем потребляемой мощности;

– назначение оборудования, для которого конструируется данный привод.

В качестве объекта исследования проанализируем агрегаты дробления ударного действия – дробилки. На практике используются два основных типа дробилок – роторные и молотковые. Эти аппараты применяются на предварительных этапах производственного процесса. В дробильных агрегатах основными рабочими элементами являются быстровращающиеся рабочие органы (молотки, била) и отражающие компоненты (футеровки, колосниковые решетки), при ударе о которые и происходит измельчение сырьевых материалов.

В дробилках молоткового типа поступающий для дробления сырьевой материал проходит две стадии. Вначале кусковой мел подвергается ударным воздействиям молотков и отбойных плит в барабане дробилки, а затем дальнейшее разрушение и крошение полученного материала происходит при помощи вращающихся молотков, когда частично измельченное сырье попадает на колосниковые решетки.

В дробилках роторного типа основными рабочими элементами являются закрепленные жестким способом короткие била и отражательные плиты. Первоначально куски меловой породы подвергаются ударам бил, далее измельчение происходит при ударах об отражательные плиты.

В данной работе проводится анализ влияния параметров рабочих элементов молотковых дробильных агрегатов на их производительность [2]. Принцип измельчения сырья основан на вращении молотков и отбойных плит. Поэтому при выборе дробильных агрегатов молоткового типа необходимо учитывать следующие характеристики:

– значения основных параметров рабочих элементов ротора – диаметра, длинны и скорости вращения;

– размеры породы исходного загружаемого в дробилку материала (максимальная величина);

– степень дробления.

Два последних параметра – максимально возможное значение исходного сырья и степень дробление (т.е., степень измельчения готового продукта) – будут определять производительность дробильного агрегата.

Геометрические параметры ротора – его диаметр и длина – зависят от ряда показателей:

– максимального значения исходного материала;

– способа загрузки сырья в агрегат;

– механизма дробления.

Вначале определяют значение диаметра ротора, а затем на его основе – значение длины ротора.

В дробильных агрегатах с загрузкой материала вертикальным способом и при дроблении кусков на лету ударами молотков значение диаметра ротора рассчитывают по следующему соотношению

$$D_p = 3 * d + 550, \quad (1)$$

где $D_p$ – значение диаметра ротора по габариту молотков, мм; $d$ – максимальное значение размера породы (сырья), мм.

В дробильных агрегатах с боковой подачей сырья по отношению к ротору и по наклонной плите, а также, когда дробление породы осуществляется на самой плите, значение диаметра ротора производят, используя следующее соотношение:

$$D_p = 1,65 * d + 520. \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) позволяют получить приблизительное («опорное») значение диаметра ротора, которое затем уточняет в соответствии с производительностью (см. формулу (3)). Оно может быть изменено только в сторону увеличения. Значение длины ротора определяется в соответствии с диаметром по следующему соотношению

$$L_p = (0,8 - 1,5) * D_p. \quad (3)$$

Если дробильный агрегат молоткового типа предназначается для модернизации действующего производства с целью замены устаревшего оборудования, то его производительность вычисляют по соотношению, предложенному К.А. Разумовым:

$$Q = Q_1 * K_1 * K_2 * \frac{D_p * L_{p1} * a}{D_{p1} * L_{p2} * a_1},$$

или

$$Q = Q_1 * K_1 * K_2 * \frac{N * a}{N_1 * a_1}. \quad (4)$$

где $Q_1$ – производительность дробильного агрегата молоткового типа, работающего на соответствующем материале, принятом за эталон, т/с; $K_1$ – коэффициент измельчения дробимого материала (породы); $K_2$ – коэффициент, учитывающий разницу в крупности дробимого материала проектируемой и работающей дробилок; $D_p$ и $D_{P1}$ – значение диаметра ротора по габариту молотков проектируемой и работающей дробилок, м; $L_{P1}$ и $L_{P2}$ – значение длины ротора проектируемой и работающей дробилок, м; $N$ и $N_1$ – значение мощностей дробилок, кВт; а, $a_1$ – значение ширины щели между колосниками проектируемой и работающей дробилок, м [3].

Коэффициент измельчения $К_1$ определяется как отношение производительности дробильного агрегата молоткового типа при дроблении материала к производительности того же дробильного агрегата молоткового типа на эталонном дробимом материале. Коэффициент $К_2$ определяют по таблице.

| Максимальный размер породы | Расход электроэнергии, кВтч/т | Значение коэффициента $К_2$ |
|---|---|---|
| 10 мм | 0,93 | 1,07 |
| 20 мм | 1,0 | 1,0 |
| 30 мм | 1,04 | 0,96 |
| 40 мм | 1,07 | 0,93 |
| 50 мм | 1,1 | 0,91 |
| 60 мм | 1,12 | 0,89 |
| 70 мм | 1,13 | 0,88 |

Расчет частоты вращения ротора и мощности электродвигателя проводится для двух вариантов загрузки дробилки/мельницы – вертикальной (*n* – численные значения) и боковой (*n*1 – численные значения). Фрагменты расчета [4] приведены на рис. 1, 2.

На рис. 1 показано: верхняя линия – графическое представление расчета для дробилки/мельницы с вертикальной загрузкой, нижняя линия – графическое представление расчета для дробилки/мельницы с боковой загрузкой дробильного оборудования.

На рис. 2 показано: верхняя линия – графическое представление расчета для дробилки/мельницы с вертикальной загрузкой (N1 – численные значения), нижняя линия – графическое представление расчета для дробилки/мельницы с боковой загрузкой (N2 – численные значения) дробильного оборудования.

На основе сравнения мощности двигателей необходимых для работы оборудования для двух вариантов загрузки исходного материала, выбираем режим загрузки материала сбоку.

Для увеличения сроков эксплуатации и повышения надежности электродвигателя в его конструкции можно предусмотреть наличие эффективной системы охлаждения. Данная система предназначена для отвода теплоты от горячих элементов и поддержания нормального температурного режима работающего двигателя. Это достигается искусственным охлаждением с помощью жидкости (жидкостное охлаждение) или окружающего воздуха (воздушное охлаждение).

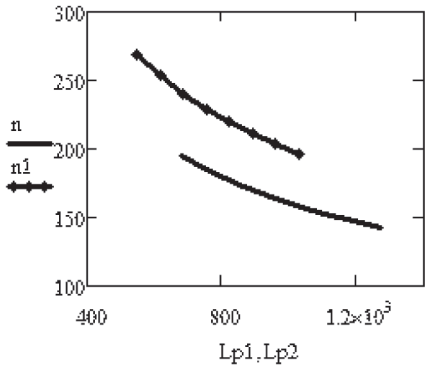



*Рис. 1. Фрагмент программы Mathcad. Пример расчета числа оборотов ротора*

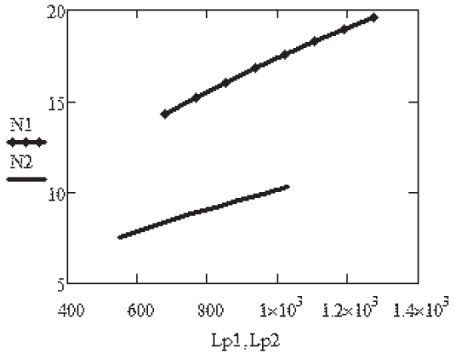



*Рис. 2. Фрагмент программы Mathcad. Пример расчета мощности электродвигателя*

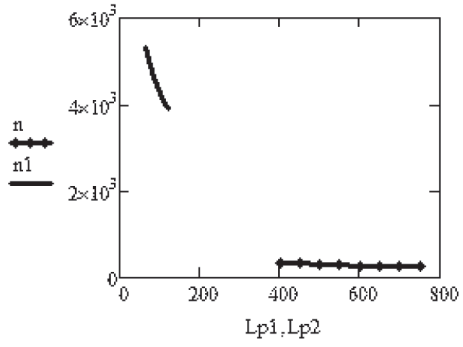



*Рис. 3. Фрагмент программы Mathcad. Пример расчета числа оборотов ротора*

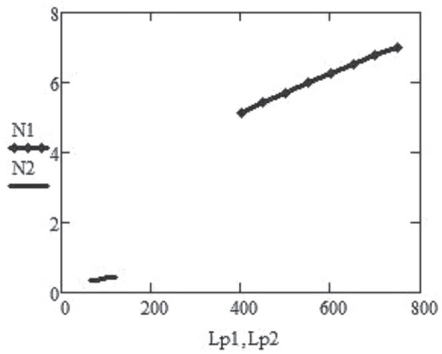



*Рис. 4. Фрагмент программы Mathcad. Пример расчета мощности электродвигателя*

$$\lambda_0 := \frac{1}{6}\ \lambda_1 := \frac{1}{6}\ \lambda_2 := \frac{1}{6}\ \lambda_3 := 0.5$$

Расчет глобального критерия по каждому из исследуемых материалов
Линейная или аддитивная свертка.

Вариант 1L. Для вертикальной загрузки оборудования

$$QL1_i := \lambda_0 \cdot F1norm_i + \lambda_1 \cdot s1norm_i + \lambda_2 \cdot s12norm_i + \lambda_3 \cdot s1normsm_i$$

QL1 =

| | 0 |
|---|---|
| 0 | 0.998286 |
| 1 | 1 |
| 2 | 0.994857 |
| 3 | 0.966264 |
| 4 | 0.994857 |
| 5 | 0.994857 |
| 6 | 0.504143 |
| 7 | 0.620523 |
| 8 | 0.387159 |
| 9 | 0.562407 |
| 10 | 0.678494 |

min(QL1) = 0.387159

Вариант 2L. Для боковой загрузки оборудования

$$QL2_i := \lambda_0 \cdot F2norm_i + \lambda_1 \cdot s2norm_i + \lambda_2 \cdot s22norm_i + \lambda_3 \cdot s2normsm_i$$

QL2 =

| | 0 |
|---|---|
| 0 | 0.559585 |
| 1 | 0.561154 |
| 2 | 0.556447 |
| 3 | 0.530278 |
| 4 | 0.556447 |
| 5 | 0.556447 |
| 6 | 0.107163 |
| 7 | 0.213752 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0.160528 |
| 10 | 0.266837 |

min(QL2) = 0

Выбор максимального значения среди минимальных значений
глобальных критериев QL1 и QL2

max(min(QL1), min(QL2)) = 0.387159

Это значение соответствует материалу - Чугун серый марки СЧ10 (ГОСТ 1412-85) с плотностью материала ρ=6800 кг/м³

*Рис. 5. Фрагмент программы Mathcad. Выбор технологического оборудования*

Проведем расчет мощности необходимого двигателя с использованием системы охлаждения и без системы охлаждения. Фрагменты расчета [5] приведены на рис. 3, 4.

На рис. 3 показано: верхняя линия – графическое представление расчета для дробилки/мельницы без использования системы охлаждения (*n* – численные значения), нижняя линия – графическое представление расчета для дробилки/мельницы с использованием системы охлаждения (*n*1 – численные значения).

На рис. 4 показано: верхняя линия – графическое представление расчета для дробилки/мельницы без использования системы охлаждения (N1 – численные значения), нижняя линия – графическое представление расчета для дробилки/мельницы с использованием системы охлаждения (N2 – численные значения).

На основе полученных данных можно сказать, что использование системы охлаждения позволит выбрать двигатель с меньшей мощностью, а следовательно, затраты электроэнергии на производстве будут меньше.

В результате компьютерного моделирования были получены численные значения каждого их четырех критериев для различных способов загрузки оборудования и для различных материалов молотка, а также представлены их графические изображения. Теперь стоит задача выбора наилучшего материала молотка из множества рассматриваемых. Необходимо решить задачу многокритериального выбора, т.е. необходимо подобрать некое решение, приняв один из возможных вариантов как «оптимальный» или наилучший, учитывая при этом, что есть несколько критериев эффективного решения. Отказ от множества критериев и сведение их к одному является одним из вариантов решения задачи многокритериального выбора. Простейший способ, когда один критерий считают главным и упорядочивают лишь по нему. Данные составные критерии принято именовать свертками. Решение многокритериальных задач на основе линейной свертки критериев состоит в назначении тем или иным способом неотрицательных коэффициентов (весов каждого критерия) $\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_m$, в сумме дающих единицу (хотя это не обязательно). Оператор свертки критериев будет имеет вид $w(x) = q(f_1(x), \ldots, f_m(x), \ldots, \mu_1, \ldots, \mu_m)$. Применительно к рассматриваемой за-

даче глобальный критерий определяем, используя линейную или аддитивную свертку $w(x) = \mu_1 * f_1(x), \ldots, \mu_2 * f_m(x)$.

Необходимо помнить, что при использовании нескольких критериев они могут иметь различные шкалы. Существуют различные схемы нормировки. Если у лучшего с точки зрения критерия оценка имеет наибольшее знаение, а у худшего – наименьшее, то для вычисления нормированных оценок критерия применяют схему $f = \frac{f_{тек} - f_{min}}{f_{max} - f_{min}}$.

Для минимизации – нормировку оценок вычисляют по схеме $f = \frac{f_{max} - f_{тек}}{f_{max} - f_{min}}$.

Среди нормированных значений по каждому критерию выбирается минимальное, а среди полученных глобальных критериев – максимальное (рис. 5).

Таким образом, алгоритм выбора промышленного оборудования можно свести к следующей схеме:

– анализ промышленного оборудования в зависимости от вида загрузки исходного сырья;

– математическое обоснование выбора загрузки сырья;

– анализ выбора двигателя дробильного оборудования с охлаждением и без охлаждения;

– математическое обоснование выбора двигателя в зависимости от диаметра ротора;

– расчет энергозатрат для выбранного двигателя;

– выбор дробильного оборудования (с вертикальной загрузкой или с боковой загрузкой, двигатель с водяным охлаждением или без охлаждения);

– применение алгоритма многокритериального выбора (нормировка оценок критериев, выбор минимального значения по каждому критерию, расчет глобального критерия по линейной свертке, выбор наилучшего (максимального) значения критерия);

– выбор материала молотка дробильной установки;

– расчет производительности выбранного промышленного оборудования и сравнение его характеристик с действующим оборудованием.

**Список литературы**

1. Борщев В.Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы / В.Я. Борщев Учебное пособие. – Тамбов: «Издательство Тамбовского государственного технического университета», 2004. – 112 с.

2. Андреев С.М. Разработка и моделирование несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов / С.М. Андреев, Б.Н. Парсункин. Учебное пособие. – М.: Академия, 2016. – 268 с.

3. Морозов В.К. Моделирование информационных и динамических систем / В.К. Морозов, Г.Н. Рогачев. – М.: Академия, 2011. – 384 с.

4. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad 15: учебный курс / Е.Г.Макаров. – СПб.: Питер, 2011. – 400 с.

5. Охорзин В.А. Прикладная математика в системе MATHCAD: учебный курс / В.А. Охорзин. – СПб.: Лань, 2008. – 352 с.

УДК 697.326-5/.325:543.272.61/.32

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ CO И $NO_X$ ПРИ НАЛОЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ НАПРЯЖЁННОСТИ НА ФАКЕЛ ПЛАМЕНИ

**Кочева М.А., Суворов Д.В.**

*ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Нижний Новгород, e-mail: teplo@gde.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию влияния внешнего электрического поля, введённого в зону факела, на содержание вредных выбросов CO и $NO_x$ в дымовых газах. Проведены практические эксперименты на лабораторной установке, собранной на базе горелки Бунзена и генератора постоянного электрического тока отрицательного напряжения. В качестве топлива использовался природный газ с диффузионным смешением в горелке. Электрическое поле генерировалось при помощи кольцевого электрода из нержавеющей проволоки, расположенного выше факела пламени. Горелка в опытах была заземлена, дымовые газы охлаждались при помощи химического холодильника до температуры сравнимой с температурой уходящих газов в котельной установке. По показаниям газоанализатора построены графики зависимости снижения CO и $NO_x$ от приложенного напряжения на электроде. Под воздействием электрического поля 6 кВ содержание оксидов углерода снижается до порога обнаружения. Механизм изменения содержания $NO_x$ более сложный, график имеет пик снижения на -5 кВ, после чего последовал подъём к исходным значениям. Неожиданным образом зафиксирован рост коэффициента избытка воздуха, пропорционально повышению напряжения, что отображает потенциал для снижения избытка воздуха в котельных установках ниже 1 для полноценного сгорания топлива.

**Ключевые слова: воздействие электрического поля на факел пламени, снижение вредных выбросов CO и $NO_x$ в котельной, газовый анализ, коэффициент избытка воздуха**

# EXPERIMENTAL INVESTIGATION TO REDUCE EMISSIONS OF CO AND $NO_X$ WHEN APPLYING AN ELECTRIC FIELD OF NEGATIVE VOLTAGE TO FLAME

**Kocheva M.A., Suvorov D.V.**

*Nizhny Novgorod State Architectural and Construction University, Nizhny Novgorod, e-mail: teplo@gde.ru*

This article is devoted to the study of the influence of an external electric field imposed in the area of torch for harmful emissions of co and NOx in the flue gas. Conducted practical experiments on the laboratory setup assembled on the basis of a Bunsen burner and the electric current generator up to 6 kV DC negative voltage. The fuel used is natural gas with diffusive mixing in the burner. The electric field was generated using ring elec-trode of stainless steel wire located above the flame. The burner in the experiments was the protection function is Lena, the flue gases are cooled by means of chemical refrigerator to a temperature comparable to the temperature of the flue gas in the boiler plant. The analyzer plots of the reduction of co and NOx from applied voltage on the electrode. Under the influence of an electric field of 6 kV, the content of carbon oxides is reduced to the detection threshold. The mechanism of changes in the content of NOx is more complex, the graph has peak reduction by -5 kV, followed by a rise to their original values. Unexpectedly recorded an increase of the excess air ratio in proportion to the increase in voltage that otobrazit the potential to reduce excess air in boiler plants below 1 for complete combustion.

**Keywords: influence of an electric field on the flame, reducing emissions of CO and NOx in the boiler room, the gas analysis, the excess air ratio**

Современная экологическая обстановка в мире ухудшается с каждым днём. Человечество не в силах отказаться от использования топливных ресурсов в пользу альтернативных и безвредных для окружающей среды источников энергии. Многие регионы Российской Федерации 2/3 времени в году нуждаются в теплоте вырабатываемой на котельных. Повышение экологической безопасности уже существующих источников теплоты является актуальной задачей. Так же на этот фактор влияют темпы роста развития человечества – с каждым годом число отапливаемых помещений, жилых домов, торговых центров только увеличивается. Пропорционально увеличивается число котельных для обеспечения теплотой этих зданий и сооружений.

Поднять эффективность сжигания топлива и снижение вредных выбросов котельной проще всего на этапе проектирования – когда проект ещё только утверждается и можно использовать все самые передовые методы оптимизации работы котельной с точки зрения снижения вредных выбросов, включая оптимальные горелки [1, 2]. Но остаётся открытым вопрос с уже существующими котельными в различных частях Российской Федерации. По данным ОАО «Газпром промгаз» в Нижнем Новгороде находится 445 котельных общей мощностью 6152,6 Гкал/ч [3]. Снижение вредных выбросов на стадии эксплуатации возможно при помощи строгого соблюдения режимных карт, а также их корректировки с определённой периодичностью работы котлов. При этом достигнутые в соответствие с режимной картой показатели невозможно снизить без существенной реконструкции котельной.

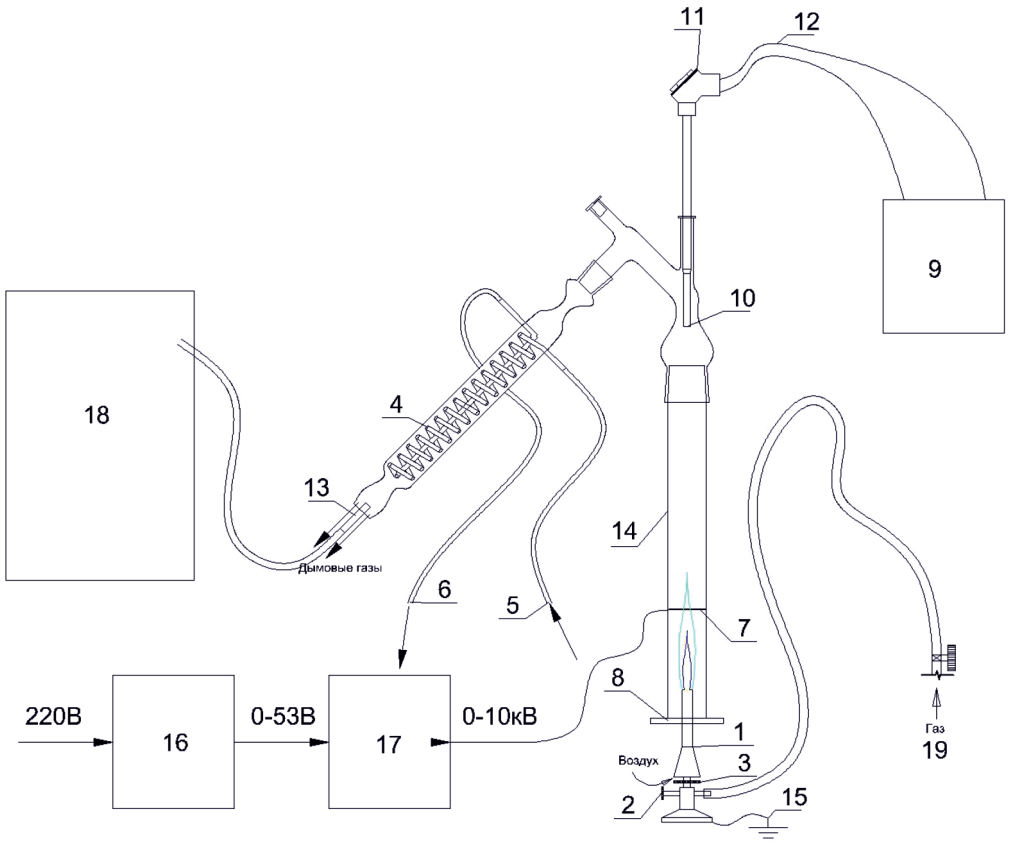



*Рис. 1. Схема экспериментальной установки. Состав установки:1 – горелка Бунзена; 2 – регулировка расхода газовой смеси; 3 – регулировка расхода воздуха на горение; 4 – химический холодильник; 5 – вход охлаждающей жидкости в химический холодильник; 6 – выход охлаждающей жидкости в слив; 7 – кольцевой электрод; 8 – уплотнительное кольцо; 9 – термометр; 10 – термопара хромель-алюмель; 11 – спай термопары и термокомпенсационных проводов; 12 – термокомпенсационные провода; 13 – пробозаборный зонд газоанализатора; 14 – кварцевая трубка; 15 – заземление горелки; 16 – генератор электрических сигналов Г3-56; 17 – умножитель напряжения; 18 – газоанализатор; 19 – подача газа из городской сети*

Для снижения вредных выбросов на уже существующих котельных предлагаем обратиться к воздействию электрического поля на факел пламени [4]. В литературе встречаются исследования по интенсификации процесса горения при помощи наложения на факел пламени внешнего электрического поля [5, 6], влияя тем самым на скорость реакции и продукты горения. Цель данной статьи – продемонстрировать потенциал воздействия внешнего электрического поля на факел пламени в топке котельной с точки зрения снижения вредных выбросов в атмосферу. В большинстве котельных Нижнего Новгорода основным топливом является природный газ. При его сжигании основными видами вредных выбросов являются CO и $NO_x$. CO является продуктом неполного сгорания топлива. Новые горелки с закручиванием в котельной позволяют отображать в режимных картах значения 0, при этом реальные замеры всегда будут содержать низкий порог CO. Для котлов находящихся в длительной эксплуатации это значение может составлять 5–40 ppm, в уже отрегулированном режиме работы. Внешнее электрическое поле влияет на интенсификацию процесса горения и полноту диссоциации водяных паров, содержащихся в топливно-воздушной смеси, что должно положительно сказываться на полноте сгорания газа и снижению выбросов угарного газа в атмосферу. Выбросы оксидов азота более сложные по происхождению. Чаще всего рассматривают три механизма [7] образования оксидов азота:

● **термический** – непосредственное окисление азота кислородом в высокотемпературных зонах. Механизм является преобладающим в традиционных камерах

сгорания с раздельной подачей топлива и окислителя.

● **быстрый** – образуется в начальной зоне разложения углеводородных топлив, реакции образования обладают небольшой энергией активации и возможны при температурах около 1000 К;

● **$N_2O$ механизм или топливный** – через реакции с образованием $N_2O$ как промежуточного вещества.

Физико-химические процессы в топке котельной сопровождаются различного рода неравновесными эффектами [8]. Важнейшее значение среди них имеет неравновесное изменение состава газовой фазы рабочего тела, обусловленное конечными скоростями химических реакций. Внешнее электрическое поле будет выступать катализатором для ряда промежуточных реакций при сжигании газа, за счёт нахождения большого количества свободных электронов в зоне реакции. Предположительно, внешнее электрическое поле, расположенное в топке, будет повышать оксиды азота за счёт термического механизма ввиду повышения температуры факела и будет снижать оксиды азота, образованные быстрым механизмом ввиду увеличения скорости реакции окисления топлива. Так же будет оказывать влияние ориентация диполей в электрическом поле, так как одна степень свободы движения ионов будет ориентирована в направлении линий прохождения электрического поля.

Для исследования влияния электрического поля на продукты горения собран лабораторный стенд, моделирующий работу котельной с минимальным перемешиванием газовой смеси, для исключения влияния степени перемешивания газа на зависимость вредных выбросов от прикладываемого напряжения на кольцах электродов (рис. 1). Тип электрода выбран кольцевым и расположен над пламенем, соответствуя расположению электрода на дальней стенке топки в котельной. Вместо кольцевого электрода заземления использовался заземлённый корпус горелки. В качестве горелки использовалась горелка Бунзена с подачей воздуха на горение из помещения работы установки. Природный газ подавался из сети газоснабжения города Нижнего Новгорода. Регулировка газа осуществлялась клапаном, расположенным на горелке, а регулировка воздуха – винтом предусмотренным конструкцией горелки. Охлаждение продуктов сгорания осуществлялось водопроводной водой с температурой + 10 °С. Нагретая вода сливалась в канализацию.

Стенд закреплён на столе химическими штативами. Он предусматривает раздельную регулировку газа и воздуха, подаваемого на горение. Кольцевой электрод выполнен из нержавеющей проволоки диаметром 0,6 мм и установлен через отверстие в стенке кварцевой трубки диаметром 2 мм. Источник питания позволяет генерировать постоянное напряжение в диапазоне 0-(-15кВ) и силой тока до 0,3 мкА. В ходе эксперимента изменялось напряжение и фиксировались уровни вредных выбросов в ppm при помощи газоанализатора, установленного на выходе из химического холодильника. Ход эксперимента: поджигался факел, горелка поднималась в кварцевую трубку, при этом плотно прижимался уплотнитель. После чего осуществлялся прогрев горелки и стабилизация факела с калибровкой соотношения газ/воздух до уровня CO = 50–60 ppm (газоанализатор при изменении CO имеет достаточно длительную задержку до стабилизации уровня CO – 2–4 минуты). Значение CO намеренно устанавливалось завышенным, для наглядного отображения влияния электрического поля на полноту сгорания, исходя из неоптимальных режимов регулировки горелки. После стабилизации показаний CO подавалось напряжение на электроды и фиксировались изменения CO, $NO_x$ а также температура продуктов горения. Значения при каждом напряжении снимались трижды со сбросом электрического поля на 0. После проведения всех экспериментов по полученным данным производилось построение графиков, представленных на рис. 2–5.

График изменения температуры дымовых газов (рис. 4) отображает повышение температуры при напряжении более 1 кВ. Рост температуры хорошо согласуется с предыдущими исследованиями авторов статьи, в которых наглядно было показано изменение температур в объёме факела при помощи тепловизионной съёмки [9]. При наложении – 3 кВ изменение температуры оказалось минимальным. Так как уровень CO (рис. 6) остаётся стабильным до – 3 кВ, то можно говорить об изменении температур за счёт диссоциации водяного пара, находящегося в воздухе, подаваемом на горение, т.к. повышения полноты сгорания не происходит. Выбросы CO имеют резонансный пик при – 3,5 кВ, после чего следует снижение уровня выбросов CO вплоть до 50% от первоначального значения. Показатели при напряжённости – 6кВ сложно брать в расчёт, так как при превышении этого напряжения происходил пробой через пламя. Коэффициент избытка воздуха растёт при росте напряжения на электроде (рис. 5). Это хорошо согласуется с исследованиями по стабилизации горения

пламени при коэффициенте избытка воздуха существенно ниже 1, однако кроме механизма диссоциации водяных паров предположения о росте α отсутствуют. Снижение $CO_2$ (рис. 3) происходит с пиком на – 3 кВ и стабильным снижением при превышении этого порога. Механизмы воздействия на $NO_x$ более сложные и обладают стабильностью результатов до – 3 кВ с последующим снижением до 40 % от исходного значения.

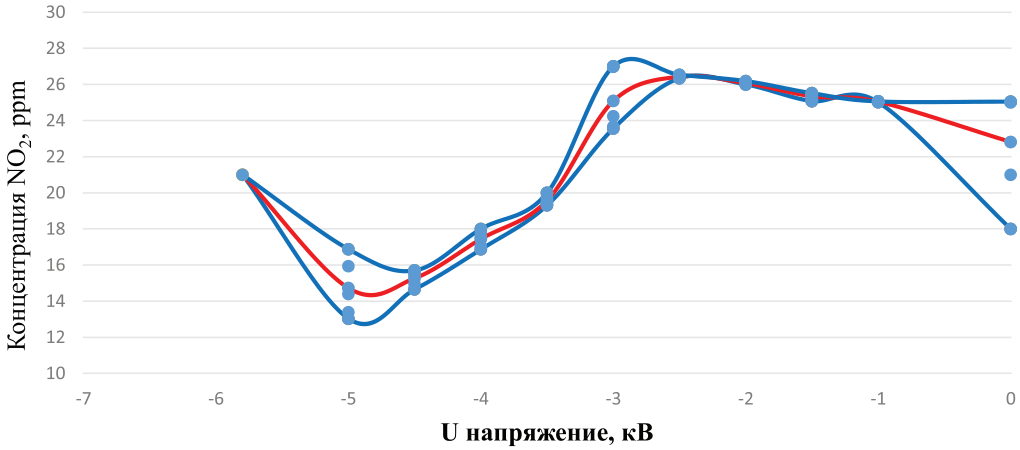



*Рис. 2. Изменение выбросов $NO_2$ от напряжения, ppm*

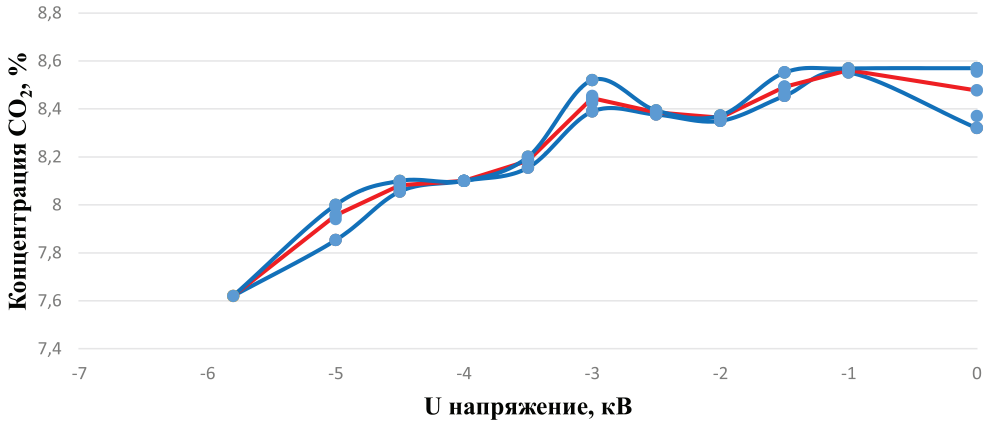



*Рис. 3. Изменение выбросов $CO_2$ от напряжения на электродах*

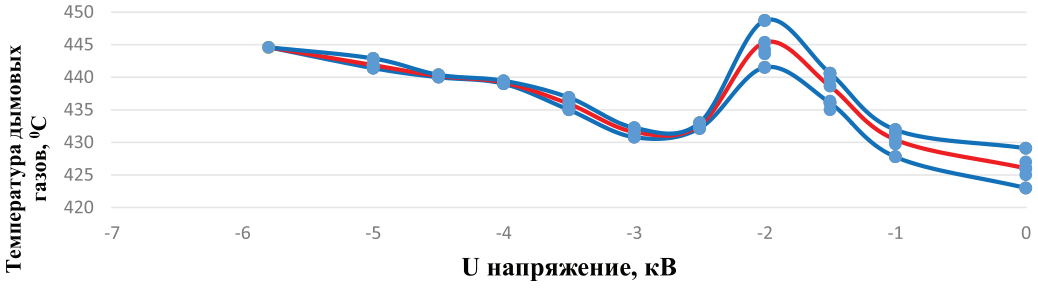



*Рис. 4. Изменение температуры продуктов горения при наложении электрического поля на пламя*

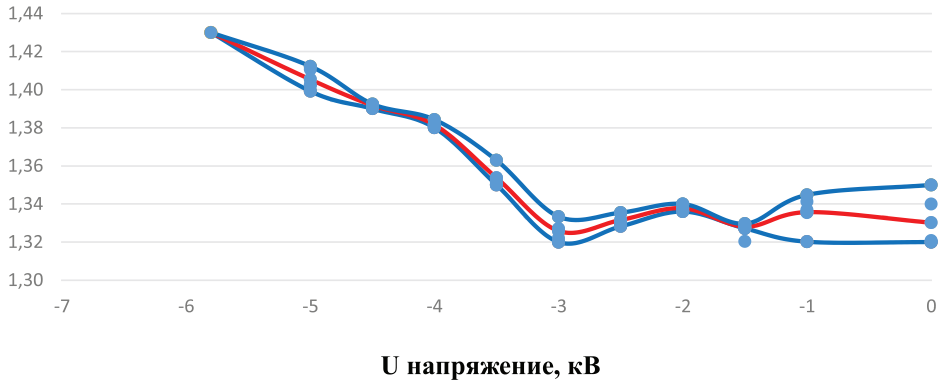



*Рис. 5. Изменение коэффициента избытка воздуха в уходящих газах при наложении электрического поля на факел пламени*

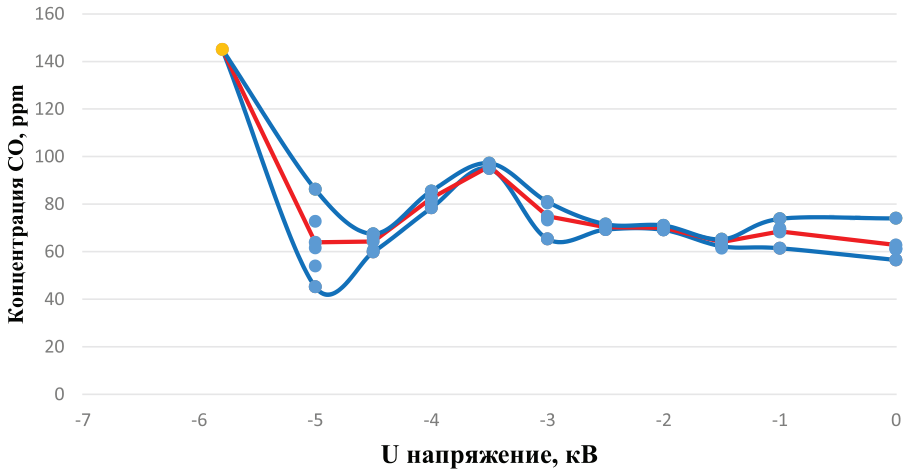



*Рис. 6. Изменение выбросов CO от напряжения на электродах*

По построенным графикам (рис. 2–3) можно разделить воздействие электрического поля отрицательной напряжённости на 3 этапа:

1. До –3 кВ имеет место слабая зависимость изменения CO и $NO_x$ с локальным всплеском температуры на –2 кВ, что можно использовать на котельных для поднятия тепловыделения при сохранении уровня вредных выбросов и минимизации затрат электрической энергии на поддержание электрического поля. Графики на этом участке ровные без изменений, либо имеют вид близкий к виду функции параболы.

2. –3 кВ предположительно связано с каким-либо резонансным процессом, либо с изменением механизма воздействия. На всех графиках данное значение является точкой перегиба.

3. Свыше –3 кВ – значения на графиках коэффициента избытка воздуха и температуры уходящих газов отмечается рост, а на графиках вредных выбросов отмечается спад. В обоих случаях изменения пропорциональны росту напряжения.

## Выводы

Воздействие внешнего электрического поля на факел пламени с точки зрения снижения вредных выбросов и внесения изменений в состав продуктов сгорания имеет высокий потенциал для применения в котельных установках. Экспериментально отображён рост температуры уходящих газов, и снижения уровня вредных выбросов при воздействии электрического поля на факел пламени в условиях сопоставимых с выработкой теплоты в котельных установках. На графиках представлены три зоны различного воздействия электрического поля на факел пламени с точкой перегиба –3 кВ, которая предположительно связана с каким-либо резонансом в меха-

низме воздействия. С точки зрения лёгкости реконструирования котельной и получаемых результатов данный метод имеет самое высокое соотношение. Размещение электродов возможно в любой топке существующей и вновь проектируемой котельной, без существенной реконструкции здания котельной и не затрагивая тепловой схемы котельной. Полученные данные отчётливо говорят о воздействии электрического поля на уровень вредных выбросов в продуктах сгорания газового топлива. Механизмы воздействия требуют дальнейшего изучения.

### Список литературы

1. Оптимизация расчёта горелок с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения / В.А. Яковлев // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 1(54). – С. 113–119.

2. Оптимизация воздухораспределительных систем газогорелочных устройств с принудительной подачей воздуха и щелевой камерой смешения методом математического моделирования / В.А. Яковлев, Г.П. Комина // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 2(55). – С. 163–170.

3. Схема теплоснабжения города Нижнего Новгорода на период с 2012 года до 2027 года (проект ОАО «Газпром прогаз») [Электронный ресурс]. – URL: http://нижнийновгород.рф/upload/fc/af/11/files/sx_teplo/СХЕМА%20ТС%20НИЖНЕГО%20НОВГОРОДА.pdf.

4. Electric Field Effects on Emissions and Flame Stability with Optimized Electric Field / F. Altendorfner, A. Sakhrieh, F. Beyrau [etc.] // Third european combustion meeting. – ECM. – 2007. – P. 1–6.

5. Электрокаталитическая интенсификация горения твёрдого и газообразного топлива / Г.С. Столяренко, В.Н. Вязовик, О.В. Водяник, Ю.Д. Марцинишин // Вестник ЧДТУ. – 2008. – № 1. – С. 165–169.

6. Исследование влияния электрического поля на сжигание мазута в промышленных установках [Электронный ресурс] / Д.П. Турлайс, В.П. Гривцов, Д.Е. Русов, М.Я. Пурмалис // Труды 4-й Российской национальной конференции по теплообмену. – 2006. – Т. 3. Свободная конвекция. Тепломассообмен при химических превращениях. – С. 327–328. – Режим доступа: http://www.rnkt.ru/year/2006/lib/3-327.pdf.

7. Зельдович Я.Б. Окисление азота при горении / Я.Б. Зельдович П.Я. Садовников, Д.А. Франк-Каменецкий // Изд-во АН СССР. – 1947. – 145 с.

8. Лопанов А.Н. Физико-химические основы теории горения и взрыва: учебное пособие / А.Н. Лопанов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 149 с.

9. Суворов Д.В. изменения в температурных «слоях» диффузионного пламени при воздействии электрического поля / М.А. Кочева // Приволжский научный журнал. – 2016. – № 2. – С. 62–66.

УДК 628.475.4/.4.02

# ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Леканова Т.Л., Андронов А.В.**

*Сыктывкарский лесной институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова» (СЛИ), Сыктывкар, e-mail: gregertamara@yandex.ru*

В статье рассмотрена возможность перевода дизельной электростанции для работы на отходах деревообрабатывающих производств. Данная концепция разрабатывается для южных районов Республики Коми – это связано с отсутствием в данном районе энергоисточников общего пользования и дефицитом тепловой и электрической энергии, внедрение данных рекомендаций на практике позволит обеспечить электроэнергией отдаленные труднодоступные районы, решить проблему со скоплением отходов деревообработки, повысить надежность и качество электроснабжения, снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по сравнению с использованием дизтоплива и, как следствие, уменьшить количество газов анаэробного разложения. Предложены два варианта перевода электроснабжения малых поселений на биотопливо, рассчитаны технологические и экономические параметры, рассмотрены и проанализированы положительные и отрицательные стороны каждого предложенного варианта, сделаны соответствующие выводы.

**Ключевые слова: дизельная электростанция, энергоноситель, модернизация, газификация, инвестиции, экономия, качество, надежность, газы анаэробного разложения**

# PRACTICAL RECOMMENDATIONS ON THE USE OF WOOD WASTE FOR ELECTRICITY PRODUCTION

**Lekanova T.L., Andronov A.V.**

*Syktyvkar Forest Institute, Syktyvkar, e-mail: gregertamara@yandex.ru*

The article considers the possibility of transferring a diesel power plant for work on waste from woodworking industries. This concept is being developed for the southern regions of the Komi Republic. This is due to the lack of public energy sources in the given area, and the shortage of thermal and electric energy, the introduction of these recommendations in practice will enable the provision of electricity to remote hard-to-reach areas, solve the problem with the accumulation of woodworking waste, improve reliability and quality Electricity, reduce emissions of pollutants into the atmosphere compared with the use of diesel fuel and, as a result, reduce the number Gas of anaerobic decomposition. Two options for converting electricity from small settlements to biofuels are proposed, technological and economic parameters are calculated, positive and negative sides of each proposed option are considered and analyzed

**Keywords: diesel power station, energy carrier, modernization, gasification, investment, economy, quality, reliability, anaerobic decomposition gases**

В Республике Коми основную долю производства электроэнергии (97%) осуществляют шесть электростанций общего пользования, остальные электростанции небольшой мощности вырабатывают 3% электроэнергии. Энергосистема Республики Коми состоит из пяти энергорайонов: Воркутинского, Интинского, Печорского, Ухтинского и Южного, соединенных системообразующими ВЛ 220 кВ протяженностью 930 км [1]. В структуре топливного баланса электростанций, расположенных на территории Республики Коми, наибольший удельный вес составляет газ – 70%. Остальные доли – это уголь 15%, черный щелок и древесные отходы – 13%, мазут – 2%, дизельное топливо – 0,2%.

В Южном энергорайоне отсутствуют энергосистемы энергоисточников общего пользования и существует дефицит тепловой и электрической энергии. Из-за значительной протяженности территории с севера на юг стоимость энергоносителей для южных районов возрастает в 1,5–3,2 раза. При этом основной вид деятельности сел и поселков южных районов Республики Коми сосредоточен в лесопромышленном производстве – лесозаготовке и деревообработке, обеспечивающих достаточными ресурсами древесной биомассы, которая может быть использована в энергетических целях. Потенциал возможного освоения местных топливных ресурсов (дрова, отходы лесозаготовки, биогаз) и возобновляемые источники энергии (гидро- и ветроэнергетика) в Республике Коми оцениваются в 650 тыс. т.у.т. в год. Современный уровень использования – менее половины. Для развития малой энергетики в центральных и южных районах Республики Коми есть большой потенциал неиспользуемого древесного биотоплива в виде отходов лесозаготовок. Стационарные дизельные электрические установки (ДЭС), находящиеся

на балансе ООО «Республиканская Генерирующая Компания», находятся в восьми административных районах. Общая мощность дизельных электростанций ООО «Республиканская генерирующая компания» составляет 16 626 кВт [2].

Все ДЭС расположены в удаленной труднодоступной сельской местности и предназначены для выработки электрической энергии. Очистка выхлопных газов не производится вследствие ее дороговизны, а также из-за бесперспективного развития близлежащих деревень и поселков.

Целью проекта является разработка технико-экономического обоснования по модернизации системы электроснабжения в селе Дзёль МР «Усть-Куломский». Село Дзёль расположено в Усть-Куломском муниципальном районе Республики Коми. Село входит в зону децентрализованного электроснабжения: выработка электроэнергии в настоящее время осуществляется от дизельной электростанции (ДЭС).

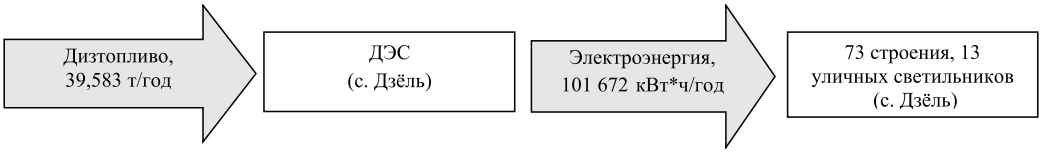
Полезный отпуск электроэнергии ДЭС Усть-Куломского района составил в 2016 г.: от ДЭС «Дзёль» – 101 673 кВт-час в год, от ДЭС «Габово» – 7 969 кВт-час в год и от ДЭС «Канава» – 3 692 кВт-час в год.

В Усть-Куломском районе выбросы загрязняющих веществ от ДЭС в 2016 г. составили: диоксида азота $NO_2$ – 1,505 т/год, оксида углерода CO – 1,535 т/год, сажи – 0,124 т/год.

Дизельная электростанция «Дзёль» обеспечивает электроэнергией с. Дзёль с общей численностью населения около 270 человек, 73 хозяйства. Незначительная мощность ДЭС позволяет обеспечивать лишь минимальную бытовую нагрузку населения. Для выработки электроэнергии используется дизельное топливо.

**Вариант 1: Использование микротурбины с термомасляным модулем.** Установка включает термомасляный нагреватель, микротурбину на органическом цикле Ренкина (ОРЦ) в ОРЦ-процессе рабочая среда – вода заменяется силиконовым маслом. Биомасса (древесные отходы) сжигаются в термомасляном котле. Затем вырабатываемое тепло подается через экономайзер в масляный цикл (термомасло), которое испаряет органическую рабочую жидкость в испарителе, работающем на термомасле. Испаренная рабочая жидкость вращает микротурбину Capstone WHG 50 [3], соединенную с генератором. Выполнив работу в электросиловом блоке, рабочая жидкость все еще содержит большое количество тепла, часть которого передается жидкой фазе в экономайзере для повышения эффективности работы системы в целом. Рабочая жидкость в парообразном состоянии попадает в охладитель, где конденсируется в жидкость, после чего стекает в ресивер для повторного использования в цикле. В качестве рабочего тела в микротурбине могут использоваться пропан, пентан, толуол или R245fa (пентафторпропан, $t_{кип}$ = 15,4 °C). Использование данных жидкостей в качестве рабочего тела в ORC-цикле возможно благодаря низкой температуре кипения. Микротурбинные электростанции Capstone WHG 50 одинаково эффективно работают как на чистом природном газе, так и на нестандартных видах топлива – биогазе, пиролизном, сжиженном газе. Инвестиционные затраты по проекту включают в себя основные элементы, представленные в табл. 1.

**Вариант 2: Поршневой двигатель внутреннего сгорания с газификационной установкой**. В основе проекта лежит установка модульной мини-ТЭЦ малой мощности при использовании технологии




*Электроснабжение с. Дзёль (текущая ситуация)*

Общее электропотребление с. Дзёль составляет 101 672 кВт-ч/год. Электроэнергия поселка расходуется на освещение дорог, территории сельского поселения, освещение школы и других жилых помещений. Существующая схема электроснабжения представлена на рисунке.

Для модернизации системы электроснабжения с. Дзель рассмотрено 2 варианта перевода электроснабжения на биотопливо. газификации древесных отходов с использованием генераторного газа в двигателе внутреннего сгорания. Установка газификации древесины HKW50 [4] для выработки 50 кВт электро- и 110 кВт тепловой энергии состоит из двух модулей: газификационного модуля с присоединительным фланцем диаметром 200 мм и блочной теплоэлектроцентрали с поршневым двигателем внутреннего сгорания и электрогенератором

BHKW50. Блочная ТЭЦ HKW представляет комплекс с многоступенчатой газификацией. Отдельные этапы процесса технически разделены друг от друга, для того чтобы избирательно влиять на условия каждого этапа газификации. При этом обеспечивается высокое качество получаемого газа при использовании в качестве древесного топлива щепы. Электрическая энергия, отпускаемая от блочной ТЭЦ, будет поступать через существующие разводящие электрические сети электростанции. Газификация щепы протекает в 3 стадии. Сначала в нагретом шнеке происходит сушка и пиролиз древесины на газ и уголь. Дальнейшее преобразование газа продолжается в двух зонах реактора, примыкающего к шнеку. В зоне окисления к газу подается воздух, при этом газ и содержащаяся в нем смола сгорают с образованием диоксида углерода и воды. Затем газ попадает в зону восстановления, где при пониженной температуре проходит сквозь слой раскаленного угля, полученного при пиролизе. В результате этого газ восстанавливается, а уголь окисляется до монооксида углерода. Таким образом, получается газовая смесь из монооксида углерода, метана и водяного пара. При этом на фильтре оседает угольная пыль, содержащаяся в смеси. И наконец, в блочной станции из газа вырабатывается электричество и тепло. Зола скапливается на дне реактора и затем выгружается. Управлять процессом можно, изменяя температуру шнека и характеристики подаваемого воздуха. Топливом служит щепа длиною 30–50 мм с влажностью до 30 %. Инвестиционные затраты по проекту по варианту 2 включают в себя основные элементы, представленные в табл. 2.

Сравнительные характеристики мини-ТЭЦ, работающих на биотопливе, представлены в табл. 3. Согласно проведенному анализу, предпочтительным признан вариант 2.

Газификационная установка с поршневым двигателем внутреннего сгорания (HKW50), обеспечивает установленную электрическую мощность – 50 кВт, имеет высокий КПД 94,6 % по сравнению с микротурбинным модулем, низкий расход биотоплива (щепа) за счет конструктивных особенностей – 1 кг/кВт электрической энергии, небольшие габаритные размеры контейнера 9,5 х 3 х 2,8 м, что немаловажно при размещении на территории действующей дизельной электростанции. Производителем является ООО «Липро энерги», г. Худе, Германия.

Основными преимуществами оборудования ООО «Липро энерги» являются:

1) защита готового газа от попадания смол (после пиролиза сложные углеводородные молекулы, окисляясь, крекируются из газа при температуре 1050 °С, уголь в это время продвигается дальше в зону восстановления). Попадание смолы в газ потребовало бы в дальнейшем дорогостоящей очистки двигателя внутреннего сгорания;

2) низкое количество образуемой золы, благодаря постоянному поддержанию низкой температуры процесса газификации в результате разделения процессов окисления и восстановления;

3) удаление посторонних материалов, которые проваливаются через решетку газификатора.

**Таблица 1**

Инвестиционные затраты по варианту 1

| № п/п | Наименование | Тип | Стоимость, руб. |
|---|---|---|---|
| 1 | Разработка проектно-сметной документации | РП.50ТЭЦ | 500 000 |
| 2 | Установка термомасляная (на биомассе) | УМТ.350Е | 3 000 000 |
| 3 | Технологическое оборудование ТЭЦ | ТКО.350Е | 1 500 000 |
| 4 | Оборудование выработки электричества и тепловой энергии | Capstone WHG 50 | 35 000 000 |
| | Итого: | | 40 000 000 |

**Таблица 2**

Инвестиционные затраты по варианту 2

| № п/п | Наименование | Тип | Стоимость, руб. |
|---|---|---|---|
| 1 | Газификационный модуль 200 | HKW50 | 9 500 000 |
| 2 | Блочная теплоэлектроцентраль BHKW50 | BHKW50 | 3 500 000 |
| 3 | Вспомогательное оборудование (контейнер, мобильная сушилка) | | 2 000 000 |
| Итого | | | 15 000 000 |

**Таблица 3**

Сравнительные характеристики мини-ТЭЦ

| Показатели, характеристики | УМТ 250 Е; Capstone WHG 50 | HKW50; BHKW 50 |
|---|---|---|
| Котельный модуль | | |
| Теплопроизводительность, кВт | 250 | 110 |
| Расчетная теплотворность топлива, ккал | 2 600 | 2 600 |
| КПД (при номинальной мощности), % | 84 | 87 |
| Макс. рабочее давление, не более, кг/см$^2$ | 4,0 | 8,0 |
| Рабочее тело | Пар органических жидкостей | Газ |
| Температура рабочего тела, вход/выход, °С | 302/242 | 1100 |
| Макс. расход топлива (отн. влажн. ω = 8–30 %), кг/ч | 187 – 262 | 50 |
| Электрогенерационный модуль | | |
| Электрическая мощность (вырабатываемая), кВт/ч<br>Теплопроизводительность, кВт | 50<br>266 | 50<br>110 |
| Температура теплоносителя (вода), вход/выход, °С | 70/90 | 75/90 |
| Электрогенератор | 50 Hz, 400 V | 50Hz, 400 V |
| Общая электрическая эффективность, % | 19,3 | 94,6 |
| Электрическая мощность (выдаваемая в сеть), кВт | 61 | 50 |

Основным сырьем блочной ТЭЦ котельной будет являться щепа влажностью до 15 %. Теплотворная способность древесного топлива мало зависит от породы дерева, но зависит от влажности [5–7]. Резервное топливо – топливные гранулы и брикеты. В процессе брикетирования древесных отходов происходит увеличение плотности топливного брикета и уменьшение влажности до 10 %.

Необходимое количество топлива (щепа) – 101,672 т/год. Биотопливо (щепу) планируется доставлять на площадку котельной автомобильным транспортом от местных лесопильных предприятий. С поставщиками проводились предварительные согласования на поставку топлива. Резервным топливом котельной являются топливные гранулы и брикеты.

### Экономические расчеты

**Вариант 1.** Перевод электростанции с дизтоплива на древесные отходы при использовании микротурбины в паре с термомасляным модулем. Чистая годовая экономия после реализации проекта при переводе электростанции с дизтоплива на древесные отходы при использовании микротурбины в паре с термомасляным модулем составит 1 394 697 руб/год (табл. 4).

**Вариант 2.** Перевод электростанции с дизтоплива на топливную щепу при использовании поршневого двигателя внутреннего сгорания с газификационной установкой. Чистая годовая экономия после реализации проекта при переводе электростанции с дизтоплива на топливную щепу при использовании газификационной установки составит 1 609 435 руб/год (табл. 5).

Из рассмотренных вариантов предпочтительным является Вариант 2: Поршневой двигатель внутреннего сгорания с газификационной установкой, которая имеет наибольшую экономию в год – 1 609 435 руб. Показатели рентабельности проекта представлены в табл. 6.

Оптимальным признан Вариант 2: при более низких инвестиционных затратах он имеет по сравнению с вариантом 1 большую годовую экономию, более короткий срок окупаемости и более высокую доходность. Вариант 2 будет использован для дальнейших расчетов.

### Экологическое обоснование

После реализации проекта негативное воздействие на окружающую среду снизится за счет уменьшения вредных выбросов электростанции при переходе от сжигания дизтоплива на сжигание щепы. Сокращение потребления дизтоплива составит 39,583 т/год, увеличение потребления электроэнергии 4 604 кВт-ч/год, а сокращение количества древесных отходов (106 276 кг/год), размещаемых на свалках.

Расчет уровня выбросов от ДЭС проводили согласно национальному стандарту для расчета выбросов от стационарных дизельных установок [8]. Существующее количество образования $NO_2$ от сжигания дизтоплива составляет 1,067 т/год. Важной особенностью древесной биомассы, как топлива, является отсутствие в ней серы и незначительное содержание внутренней

золы – не более 1%. Образование $NO_2$ от сжигания древесных отходов после реализации проекта составит 0,0271 т/год, что почти в 40 раз меньше, чем при сжигании дизтоплива по текущей ситуации. Реализация проекта приведет к снижению вредных выбросов – оксидов азота, оксидов серы и формальдегида в атмосферу (табл. 7).

**Таблица 4**

Чистая годовая экономия при переводе электростанции с дизтоплива на опилки при использовании микротурбины в паре с термомасляным модулем (вариант 1)

| Элементы экономии | Текущая ситуация | | После внедрения мероприятия | | Чистая экономия | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Кол-во | руб./год | Кол-во | руб./год | Кол-во | руб./год |
| Топливо (дизтопливо), кг | 39 583 | 1 885 823 | 0 | 0 | 39 583 | 1 885 823 |
| Топливо (опилки), кг | | | 101 672 | 35 585 | | – 35 585 |
| Дизельное масло, кг | 350,5 | 87 500 | 0 | 0 | 350,5 | 87 500 |
| Термомасло АМТ-300 | | | 7 000 | 330 000 | | – 330 000 |
| Фреон R245fa (пентафторпропан) | | | 50 | 75 000 | | – 75 000 |
| Вода для охлаждения | | | 20 33 | 69 952 | 20 33 | – 69 952 |
| Электроэнергия, кВт-ч | 7 187 | 106 572 | 11 791 | 174 861 | 4 604 | – 68 289 |
| Плата за НВОС, т | 1,597 | 300 | 0,623 | 100 | 0,974 | 200 |
| Зарплата персонала, чел. | 5 | 1 812 000 | 5 | 1 812 000 | – | 0 |
| Общая чистая экономия | | | | | | 1 394 697 |

**Таблица 5**

Чистая годовая экономия при переводе электростанции с дизтоплива на топливную щепу при использовании газификационной установки (вариант 2)

| Элементы экономии | Текущая ситуация | | После внедрения мероприятия | | Чистая экономия | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Кол-во | руб./год | Кол-во | руб./год | Кол-во | руб./год |
| Топливо (дизтопливо), кг | 39 583 | 1 885 823 | 0 | 0 | 39 583 | 1 885 823 |
| Топливо (щепа), кг | | | 101 672 | 305 016 | | – 305 016 |
| Дизельное масло, кг | 350,5 | 87 500 | 0 | 0 | 350,5 | 87 500 |
| Электроэнергия, кВт-ч | 7 187 | 106 572 | 8 671 | 128 577 | 1 484 | – 22 005 |
| Вода, $м^3$ | | | 1 071 | 37 067 | – | – 37 067 |
| Плата за НВОС, т | 1,597 | 300 | 0,623 | 100 | | 200 |
| Зарплата персонала, чел. | 5 | 1 812 000 | 5 | 1 812 000 | | 0 |
| Общая чистая экономия | | | | | | 1 609 435 |

**Таблица 6**

Рентабельность проекта по варианту 2

| Показатель | Вариант 2 |
|---|---|
| Итого, инвестиции, руб. | 15 000 000 |
| Чистая экономия, руб./год | 1 609 435 |
| Окупаемость, лет | 8,46 |

**Таблица 7**

Снижение вредных выбросов (т/год)

| | NO | $NO_2$ | CO | $SO_2$ | Сажа | Б(а)п | Формальдегид |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Существующий уровень выбросов, т | 0,175 | 1,067 | 0,936 | 0,131 | 0,098 | 0,0000017 | 0,0217 |
| Выбросы после реализации мер, т | 0,00042 | 0,0271 | 3,153 | 0 | 0,237 | 0,0000027 | 0 |
| Итого, снижение выбросов, т | 0,17458 | 1,0399 | – 2,214 | 0,131 | – 0,139 | – 0,000001 | 0,0217 |

Данные табл. 7 рассчитаны на основе: сокращения потребления дизтоплива (39,583 т/год), а также увеличения потребления электроэнергии (4,604 тонн щепы в год) и сокращения количества древесных отходов, размещаемых на свалках (106 276 кг/год). Реализация проекта приведет к сокращению выбросов парниковых газов от сжигания ископаемого топлива и анаэробного разложения древесных отходов на свалках. Анаэробное разложение древесных отходов на свалках сопровождается выделением $CH_4$. Уменьшение количества выбросов метана составит 9,77 т/год.

Реализация проекта позволит:

– повысить качество и надежность электроснабжения с. Дзёль;

– сократить количество древесных отходов (101,672 т/год), вывозимых на свалки;

– сократить выбросы метана (9,77 т/год) при гниении древесных отходов на свалках;

– сократить потребление дизтоплива (39,583 т/год) на дизельной электростанции с. Дзёль;

– сократить финансовые издержки на содержание электростанции;

– снизить негативное воздействие на окружающую среду (не будет выбросов $SO_2$ и формальдегидов);

– сократить выбросы парниковых газов (ПГ).

**Список литературы**

1. Схема и программа развития электроэнергетики Республики Коми на 2016–2021 годы [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Респ. Коми от 29.04. 2016 г. № 189-р // СПС «КонсультантПлюс» Режим доступа: http://minprom.rkomi.ru/content/14827/ (дата обращения: 10.04.17).

2. ООО «Республиканская Генерирующая Компания» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://komirgk.ru/new/(дата обращения: 30.03.17).

3. БПЦ Инжиниринг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bpcenergy.ru/about/on-the-boc-engineering/(дата обращения: 01.04.17).

4. ООО «Lipro energy» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lipro-energy.de/de/(дата обращения: 04.04.17).

5. Брик М.И. Технологическая щепа [Текст] / М.И. Брик, Б.А. Васильев. – М.: Лесная пром-ть, 1975. – 208 с.

6. Обоснование эффективности внедрения энергосберегающих технологий в индивидуальной системе теплоснабжения [Электронный ресурс] / А.В. Андронов, Т.Л. Леканова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. Режим доступа: www.science-education.ru/120-15630 (дата обращения: 10.03.17).

7. Повышение эффективности работы теплогенератора для малозатратного получения тепловой энергии [Электронный ресурс] / А.В. Андронов, Т.Л. Леканова // Wschodnioeuropejsskie Czasopismo Naukowe (Eastern European Scientific Journal) – Warsaw, Poland – Publisher: East European Research Alliance. – 2015. – № 1. – С. 5–9. Режим доступа: http://eesa-journal.com/files/Arhiv/Journal1/articles.pdf (дата обращения: 10.04.17).

8. ГОСТ Р 56163-2014. Национальный стандарт Российской Федерации. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов от стационарных дизельных установок [Электронный ресурс]. – Введ. 2014-10-14. – М.: Стандартинформ, 2014. – С. 2–3 (дата обращения: 05.04.17).

УДК 621.926/.929

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМЕСИТЕЛЯ С ДЕФОРМИРУЕМОЙ КАМЕРОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

**Лозовая С.Ю., Лозовой Н.М., Рядинская Л.В., Пешков О.Г.**

*ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, e-mail: lozwa88@mail.ru*

В научном исследовании на примере смесителя с деформируемой камерой цилиндрической формы предложена методика теоретического расчета энергетических характеристик. Методика теоретического расчета, описывающего энергетические характеристики смесителя с деформируемой рабочей камерой, представлена в рамках дискретной модели с учетом основных параметров, влияющих на эффективность процесса смешения материалов. Одной из основных особенностей такой рабочей камеры является способность изменять свои габаритные размеры при ее деформировании. Выходным параметром любого деформируемого элемента является перемещение, передаваемое смешиваемому материалу. Использование в качестве рабочего органа деформируемой рабочей камеры позволяет получить новый механизм воздействия на обрабатываемую среду. При этом изменение жесткости, степени и вида деформирования, способа установки корпуса дает возможность изменить характер воздействия на материал в зависимости от его свойств и требуемых условий проведения процесса смешения. Данная методика расчета позволяет произвести теоретическое исследование влияния конструктивных и технологических параметров на процесс затрат энергетических характеристик в рассматриваемом устройстве с учетом физико-механических свойств смешиваемых материалов, что является актуальным в настоящее время на этапе разработки новых конструкций машин в сфере строительной индустрии.

**Ключевые слова: смеситель, деформируемая рабочая камера, энергетические характеристики, интенсивность, деформирующие элементы, процесс смешения материалов**

# THEORETICAL BASES OF CALCULATION OF POWER CHARACTERISTICS OF THE MIXER WITH THE DEFORMABLE CAMERA OF THE CYLINDRICAL FORM

**Lozovaya S.Yu., Lozovoy N.M., Ryadinskaya L.V., Peshkov O.G.**

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov, Belgorod, e-mail: lozwa88@mail.ru*

In a scientific study using the example of a mixer with a deformable chamber of a cylindrical shape, a method for the theoretical calculation of energy characteristics was proposed. The method of theoretical calculation describing the energy characteristics of a mixer with a deformable working chamber is presented within the framework of a discrete model, taking into account the main parameters influencing the efficiency of the process of mixing materials. One of the main features of such a working chamber is the ability to change its overall dimensions when it is deformed. The output parameter of any deformable element is the movement transferred to the mate- rial to be mixed. The use of a deformable working chamber as a working member allows obtaining a new mechanism of action on the medium to be treated. In this case, a change in the rigidity, degree and type of deformation, the method of installing the hull makes it possible to change the nature of the impact on the material, depending on its properties and the required conditions for the mixing process. This calculation technique makes it possible to carry out a theoretical study of the effect of structural and technological parameters on the process of consuming energy characteristics in the device under consideration, taking into account the physico-mechanical properties of the materials being mixed, which is actual at the present time at the stage of developing new machine designs in the construction industry.

**Keywords: static mixer, deformable building bag, power characteristics, intensity, deforming elements, process of mixture of materials**

В настоящее время одним из важных направлений в строительной индустрии, позволяющим существенно снизить энергетические затраты на смешение строительных материалов без потери качества готового продукта, является разработка новых конструкций машин и методов их инженерного расчета, что дает возможность проводить исследования на этапе теоретических расчетов с целью прогнозирования ожидаемого результата. Наиболее перспективными среди используемых для этих целей видов оборудования являются смесители, в которых на процесс смешения материалов влияют конструкторские решения, определяющие качество готового продукта. Приоритетом применения смесителей является их высокая экономическая эффективность, обусловленная компактностью оборудования, малой занимаемой производственной площадью, низкой потребностью на капитальные затраты и трудозатраты по сопровождению, обслуживанию и ремонту оборудования. Одним из важнейших преимуществ является простота внедрения смесителей в существующие технологические линии, что увеличивает экономическую эффективность как

для крупных, так и для малых предприятий, ориентированных на получение прибыли при минимальных затратах без потери качества готовой продукции [1].

Одним из перспективных конструктивных решений для повышения экономической рентабельности смесительного оборудования является использование деформируемых рабочих камер. Одной из основных особенностей такой рабочей камеры является способность изменять свои габаритные размеры при ее деформировании, что позволяет получить новый механизм воздействия на обрабатываемую среду, используя ее в качестве рабочего органа. Таким образом, основным выходным параметром для любых деформируемых рабочих органов является перемещение, передаваемое частицам смешиваемых материалов. Выходными параметрами, имеющими небольшое влияние на величину перемещения частиц, являются такие характеристики камеры, как материал (жесткость, эластичность при наличии кордирования) и ее исполнение (форма, способ установки, различные конструкторские решения). Как правило, в качестве материала изготовления камеры используются различные виды резины, выбираемые в зависимости от требуемых условий проведения процесса смешения, например, таких как степень, вид и интенсивность деформаций камеры, а также требуемого качества готового продукта [2].

В разрабатываемых устройствах качество процесса смешения зависит от частоты воздействия на элементарные объемы смешиваемых компонентов в единицу времени:

– при стесненных условиях от интенсивности воздействия стенок корпуса на смесь;

– при свободных условиях от интенсивности воздействия стенок корпуса на смесь и объема свободного пространства в рабочей камере [3].

Повышение усилия воздействия обкатывающих роликов на деформируемую камеру увеличивает интенсивность перемещения частиц смешиваемого материала, чего можно добиться внешними (дополнительные осевые и радиальные нагружения, приложенные в середине рабочей камеры или к ее краям) и внутренними силами (например, использование гофрированного корпуса) [4].

Рассматриваемая деформируемая рабочая камера имеет цилиндрическую форму и устанавливается горизонтально (под небольшим наклоном до 3 °С), при этом корпус рабочей камеры жестко крепится к цапфам (рис. 1). Внешнюю часть корпуса плотно обхватывают в поперечном сечении прижимы, которые представляют собой сферические тела, жестко закрепленные на оси. Ось прижимов, в свою очередь, устанавливается в опорные подшипники. От приводного вала вращение передается прижимам, которые, обкатывая снаружи корпус рабочей камеры, периодически (с частотой вращения вала) деформируют ее, вызывая этим перемещение смешиваемого материала. Эффективность процесса смешения материала можно увеличить, увеличив частоту вращения обкатывающих валиков.

В рамках дискретной модели рассмотрим задачу о расчете энергетических характеристик смесителя с деформируемой рабочей камерой, затрачиваемых на приведение в движение по эллиптическим траекториям смешиваемого материала с помощью вращательного движения прижимных валиков (рис. 2) [5].

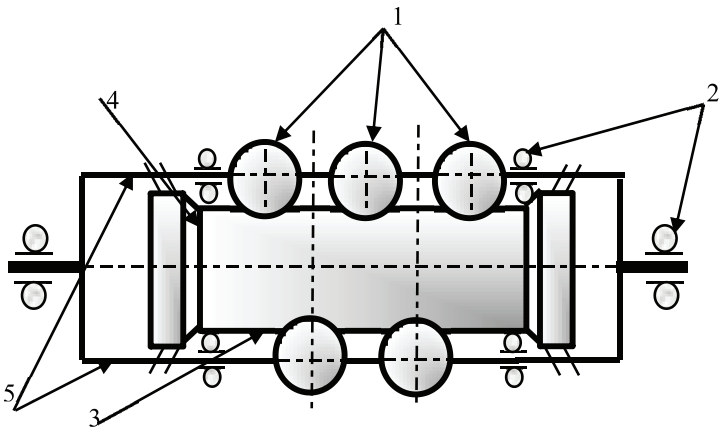



*Рис. 1. Схема рабочей камеры цилиндрической формы: 1 – прижимы; 2 – опорные подшипники; 3 – деформируемая рабочая камера цилиндрической формы; 4 – цапфа; 5 – водило*

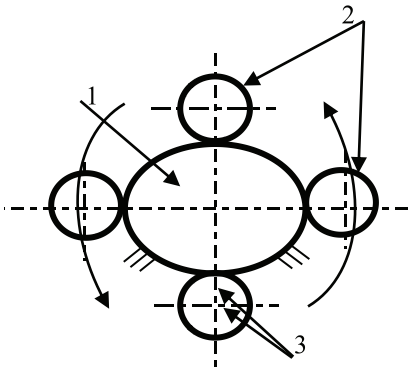



*Рис. 2. Схема рабочей камеры цилиндрической формы в поперечном сечении: 1 – рабочая камера; 2 – опорные подшипники; 3 – ось для крепления прижимов*

В результате заполнения материалом пространства деформируемой камеры цилиндрической формы смесителя будут образовываться слои, которые в поперечном сечении имеют форму эллипсов с полуосями $a_n$ и $b_n$ ($a_n > b_n$).

Если прижимные валики цилиндрической формы, имеющие радиус $R_p$, привести во вращательное движение с частотой вращения $\omega_p$, то через эластичную (резиновую) оболочку камеры вращательное движение передается наружному (последнему) слою материала (рис. 3). Тогда на основании равенства линейных скоростей движения оболочки и последнего слоя материала можно записать следующее равенство:

$$\omega_p R_p = \omega_0 \left( R - \frac{h}{2} \right) = \omega_0 R \left( 1 - \frac{h}{2R} \right), \quad (1)$$

где $\omega_0$ – частота вращения наружного слоя материала;

$\omega_p$ – частота вращения прижимных валиков;

$h$ – высота материала одного слоя.

Если предположить, что каждый слой материала вращается с собственной частотой, тогда за время $t$ в поперечном сечении камеры $n$-й слой повернется в выбранной системе координат на угол:

$$\varphi = \Omega_n t , \quad (2)$$

где $\Omega_n$ – собственная частота слоя материала.

Предположим далее, что частота вращения слоев материала равномерно уменьшается от значения $\omega_0$ для последнего ($k$-наружного) слоя до нулевого значения для первого слоя $n$ (рис. 4). На основании вышесказанного можно записать следующее соотношение:

$$\Omega_n = \frac{\omega_0 (n-1)}{k-1} . \quad (3)$$

С учетом (1) соотношение (3) приводится к следующему виду:

$$\Omega_n = \frac{\omega_p R_p (n-1)}{R\left( 1 - \frac{h}{2R} \right)(k-1)} . \quad (4)$$

Запишем величину энергии, которую получит $n$-й слой материала в результате движения по эллиптическим траекториям с параметрами $a_n$ и $b_n$:

$$H_n(\varphi) = \frac{M_{1,n}}{2} \left( \dot{r}_n^2 + r_n^2 \dot{\varphi}^2 \right), \quad (5)$$

здесь точка над буквой означает взятие производной по времени, а величина $r_n$ на основании расчетов в выбранной полярной системе координат определяется соотношением

$$r_n = \frac{a_n}{\sqrt{1 + \varepsilon^2 \sin^2 \varphi}} . \quad (6)$$

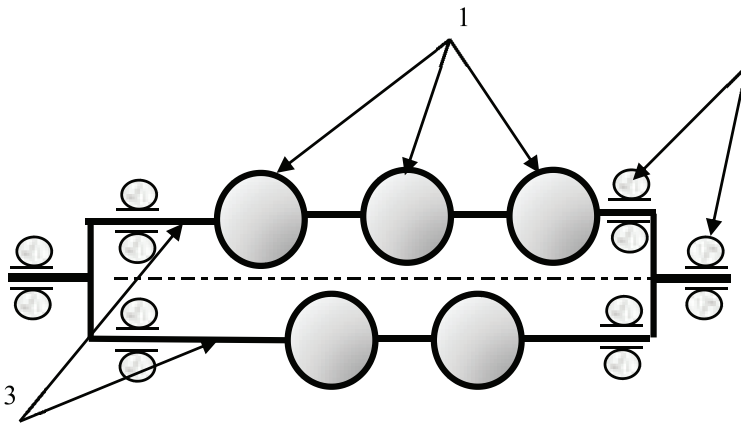



*Рис. 3. Кинематическая схема движения прижимов, относительно корпуса: 1 – прижимы; 2 – опорные подшипники; 3 – водило*

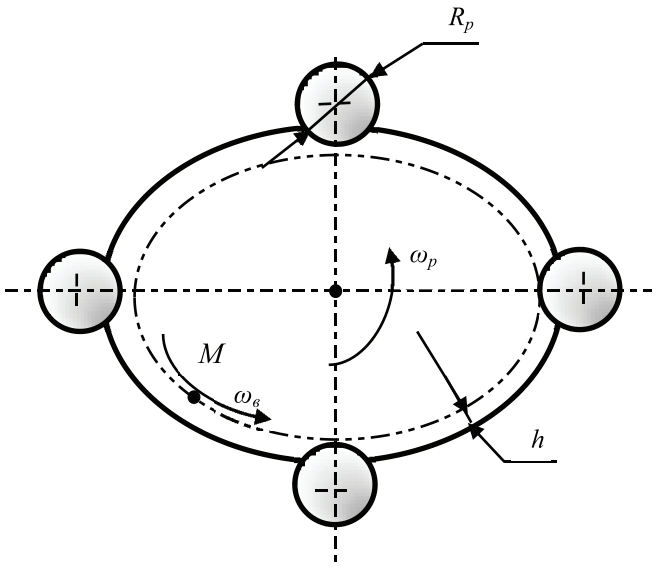



*Рис. 4. Кинематическая схема движения материала: h – высота одного слоя материала; M – масса слоя материала; $\omega_в$ – частота вращения частиц в слое материала; $\omega_р$ – частота вращения прижимных роликов; $R_р$ – радиус прижимов; – – – – – – – граница верхнего слоя материала*

Подстановка (1) и (5) в (4) приводит к соотношению

$$H_n(\varphi)=\frac{M_{1,n}}{2}\left(\left(\frac{h\,r_n}{h\,\varphi}\right)^2\Omega_n^2+r_n^2\Omega_n^2\right)=$$

$$=\frac{M_{1,n}}{2}\Omega_n^2\left(r_n^2+\left(\frac{h\,r_n}{h\,\varphi}\right)^2\right). \qquad (7)$$

Применяя к $n$-му слою соотношение (7) приводится к следующему виду:

$$H_n(\varphi)=\frac{M_{1,n}}{2}\Omega_n^2\left(a_n-\frac{h}{2}\right)^2\times$$

$$\times\frac{1+\varepsilon^2\left(2+\varepsilon^2\right)\sin^2\varphi}{\left(1+\varepsilon^2\sin^2\varphi\right)^3}. \qquad (8)$$

Согласно (8), среднее значение энергии $n$-го слоя за один полный оборот будет равно

$$H_n=\overline{\mathrm{H}_n(\varphi)}=\frac{M_{1,n}}{\pi}\Omega_n^2\left(a_n-\frac{h}{2}\right)^2 I_1\left(\varepsilon^2\right), \quad (9)$$

где величина $I_1(\varepsilon^2)$ определяется следующим соотношением:

$$I_1\left(\varepsilon^2\right)=\frac{\pi}{2}\left(1-\frac{\delta}{2}\right), \qquad (10)$$

где δ – величина деформации камеры цилиндрической формы.

На основании соотношения массы загрузки $n$-слоя ($M_n$ будет складываться из массы материала $n$-слоя $M_{1,n}$ и массы конечного слоя материала $kn$, $M_{kn,n}$):

$$M_n=M_{1,n}+\ldots+M_{kn,n}, \qquad (11)$$

можно найти выражение для полной энергии, которую необходимо подвести к деформируемой цилиндрической камере смесителя, чтобы передать вращательное движение материала по эллиптическим траекториям. Искомая энергия определяется следующим соотношением:

$$H=\kappa\sum_{n=1}^{k}H_n=$$

$$=\frac{I_1\left(\varepsilon^2\right)k}{\pi}\sum_{n=1}^{k}M_{1,n}\Omega_n^2\left(a_n-\frac{h}{2}\right)^2, \qquad (12)$$

где индекс $n$ – нумерует слои, которые отсчитываются от начала координат;
$k$ – число слоев в поперечном сечении камеры определяемое выражением

$$k=\left[\frac{2b\sqrt{3}}{3h}+1\right]. \qquad (13)$$

Таким образом, можно отметить, что энергетические характеристики смесителя зависят от геометрического (конструктивного) параметра $R$, технологического параметра – степени деформации δ рабочей камеры и от физико-механических и физико-химических свойств смешиваемого материала [6].

Рассмотрев задачу о расчете энергетических характеристик смесителя с дефор-

мируемой рабочей камерой, затрачиваемых на приведение в движение по эллиптическим траекториям смешиваемого материала с помощью вращательного движения прижимных валиков, определили, что основным выходным параметром для любых деформируемых рабочих органов является перемещение, передаваемое частицам смешиваемых материалов. Данная методика теоретического расчета производилась с учетом основных параметров, влияющих на эффективность процесса смешения материалов. Предложенный теоретический расчет энергетических характеристик смесителя с деформируемой рабочей камерой цилиндрической формы позволяет произвести исследование влияния конструктивных и технологических параметров на процесс затрат энергетических характеристик в рассматриваемом устройстве с учетом физико-механических и физико-химических свойств смешиваемых материалов, что является актуальным в настоящее время при разработке новых конструкций машин в сфере строительной индустрии [7].

Многообразие конструктивных решений предложенных устройств предполагает, что с использованием данного принципа действия может быть создан целый ряд нового оборудования многоцелевого назначения – такого оборудования, которое может использоваться для принципиально различных стадий технологического передела, а также для смешения материалов с особыми свойствами. Создание ряда смесительных устройств малотоннажной производительности, основанной на принципе деформирования рабочей камеры, с различными принципами действия, позволит решить некоторые проблемы, имеющие место в различных областях промышленности с учетом особенностей природных, технологических свойств конкретного материала.

**Список литературы**

1. Брагинский Л.Н. Перемешивание в жидких средах. Физические основы и инженерные методы расчета / Л.Н. Брагинский, В.И. Бегачев, В.М. Барабаш. – М.: Химия, 2009. – 336 с.

2. Васильцов В.А. Аппараты для перемешивания жидких сред / В.А. Васильцов, В.Г. Ушаков. – Д.: Машиностроение, 2011. – 271 с.

3. Еремин Н.Ф. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов [Текст]: учебное пособие для вузов / Н.Ф. Еремин – М.: Высш. шк., 1986. – 736 с.

4. Корнеев В.И. «Что» есть «что» в сухих строительных смесях / В.И. Корнеев, П.В. Зозуля. – СПб.: НП «СПССС», 2014. – 311 с.

5. Лозовая С.Ю. Экспериментальные исследования по управлению техническими характеристиками помольных устройств [Текст] / С.Ю. Лозовая, Л.В. Рядинская // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 2. – С. 177–181.

6. Уваров В.А., Лозовой Н.М. Определение сил в смесителе с изменяемой рабочей камерой периодического действия // Вестник Белгородский Государственный Технологический Университет имени В.Г. Шухова. – 2012. – № 1. – С. 56–59.

7. Lozovaya S.Yu., Ryadinskaya L.V. Theoretical Bases of the Calculation of the Energy, which it Spends for the Process of Materials Grinding in Accordance with Geometrical and Technological Characteristics of the Chamber of the Barrel-Shaped Form // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Т. 9, № 22. – P. 16891–16902.

УДК 004.9

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В IT-СФЕРЕ

**Питухин Е.А., Тулаева А.И., Шабалина И.М.**

*ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск, e-mail: eugene@petrsu.ru, anike@petrsu.ru, Ishabalina@opti-soft.ru*

В настоящей статье рассматривается вопрос классификации перечня компетенций профессий, востребованных работодателями IT-сферы. Классификация осуществляется путем структурирования компетенций по ключевым признакам: типу, уровню владения и т.д. В качестве исследуемой области выступает область информационных технологий как одна из динамически развивающихся сфер деятельности современного общества. Для анализа были выбраны вакансии наиболее популярных профессий, востребованных лидерами среди мировых работодателей в IT-области. Для обработки полученного перечня вакансий был разработан алгоритм классификации компетенций, основанный на анализе текстов. Произведена оценка основных метрик качества работы алгоритма. В результате работы предложенного алгоритма классификации была получена онтологическая информационная модель востребованных компетенций IT-сферы. Статистический анализ полученной модели позволил выявить особенности компетентностной структуры каждой из выбранной профессий, получить количественные характеристики параметров классификации, а также выявить закономерности в потребностях работодателей IT-области.

**Ключевые слова: онтология, работодатель, IT-сфера, компетенции, классификация, алгоритм**

# THE DEVELOPMENT OF SYSTEM FOR CLASSIFICATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES IN IT-SPHERE

**Pitukhin E.A., Tulaeva A.I., Shabalina I.M.**

*Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: eugene@petrsu.ru, anike@petrsu.ru, Ishabalina@opti-soft.ru*

This article is devoted to classification of professional competencies, which were demanded by foreign employers. We could structure them and developed the ontology of competencies. As the researched area we selected the sphere of the information technologies as the most demanded field of activity. We analyzed the most popular vacancies from the most known foreign employers in IT-sphere. We developed the algorithm for classification of competencies. It is based on the analysis of texts. We estimated the work quality of our algorithm. We made a thorough analysis of the results of classification. At last we could receive the information model of competencies in IT-sphere.

**Keywords: ontology, employer, information technology, competencies, classification, algorithm**

Одной из главных целей настоящего исследования является создание единой онтологии компетенций, которая позволила бы сравнивать и сопоставлять между собой требования к компетенциям, как со стороны работодателей, так и со стороны университетов.

Мы придерживаемся парадигмы, что рынок образовательных услуг считается вторичным по отношению к рынку труда, который сам является вторичным по отношению к рынку производства товаров и услуг [1, 2]. Поэтому главным принципом обеспечения возможности сравнения компетенций является, на наш взгляд, приведение в соответствие системы «образовательных» компетенций учебных планов университетов к системе «профессиональных» компетенций работодателя, а не наоборот.

В статье [3] авторами подробно изложена идея информационной системы, описывающей процессы получения компетенций, трудоустройства и управления учебными планами в системе «вуз – студент – работодатель». Для создания такой системы авторы предлагают:

1) связать трудоустройство с процессом получения компетенций через разработку общей онтологии компетенций, объединяющей образовательные и профессиональные компетенции;

2) разработать процесс обратной связи, влияющей на содержание учебных планов вузов на основе мониторинга процессов трудоустройства и получения компетенций.

Большинство профессиональных требований (или, другими словами, компетенций), которые предъявляет работодатель к соискателю работы, находят свое отражение в объявлениях о работе. Таким образом, одним из основных источников информации о компетенциях являются тексты объявлений на требуемые вакансии, которые размещают работодатели в открытом доступе.

В рамках данного подхода мы принимаем допущение, что «скрытая» часть вакансий, которая не публикуются в открытом до-

ступе и реализуется по внутрифирменным каналам, знакомству и т.п., не оказывает существенного влияния на структуру «ядра» компетенций. Поскольку в выбранной нами для рассмотрения IT-отрасли при приеме на работу существует особая специфика, заключающаяся в широком использовании интернет-технологий при поиске работы и высокой эффективности размещения объявлений на специализированных сайтах, популярных в среде IT-специалистов.

Методология исследования основана на одновременном сочетании компетентностного подхода к описанию предметной области и информационного подхода к формализации компетенций различных категорий в виде онтологической модели.

Основными задачами исследования являются разработка системы измерения компетенций для создания многомерной модели компетенций, а также создание алгоритма классификации, с помощью которых неструктурированное множество «профессиональных» компетенций можно было представить в виде онтологии.

**Исходные данные и выбор признаков классификации**

В качестве первого шага, чтобы приступить к формированию многомерной модели компетенций, были собраны актуальные данные о наиболее востребованных профессиях в IT-сфере. Были проанализированы вакансии наиболее известных мировых работодателей IT-отрасли на таких сайтах поиска работы, как job.com, jobview.monster.com, indeed.com, apple.com, visa.com, hp.com и др.

Исследовались вакансии для TOP-10 рейтинга наиболее популярных профессий IT-отрасли, регулярно публикуемого на ресурсе jobsearch.about.com. «Here are the top 10 jobs for computer science majors, based on income, employment outlook, and job satisfaction» [4].

Сформированный перечень состоял из следующих профессий, названия которых стали значениями первого параметра измерения OCCUPATION = {Database administrator, Computer hardware engineer, Web developer, Computer network architect, Computer programmer, Computer systems analyst, Information security analysts, Java developer, Project manager, Software engineer}. Для каждой из 10 профессий были рассмотрены вакансии от не менее чем 10 различных работодателей. В результате исследования 100 вакансий был получен общий перечень из 396 уникальных компетенций с указанием количества повторов, если такие наблюдались несколько раз.

Число повторений, представленное параметром COUNT = {1, 2, 3…10}, было выбрано в качестве количественной меры многомерного концептуального представления характеризующей частоту востребованности компетенции.

Сравнительный анализ позволил выявить различные наиболее часто встречающиеся смысловые категории компетенций, которые были выделены в параметр TYPE, представляющий независимое измерение. Параметр TYPE может принимать следующие значения: TYPE = {Knowledge, Skills, Experience}.

Последующий лексический анализ обнаружил, что каждый тип характеризуется некоторым уровнем владения компетенцией. Он описывается показателем LEVEL = {Min, Mid, Max}.

В нашей первой работе [5], посвященной проблеме классификации компетенций, кроме вышеуказанных значений параметра TYPE имелись и другие, TYPE = {Certificat, Degree, Understanding}. В то же время параметр LEVEL принимал 15 различных значений, LEVEL = {None, Basic, General, Possession, Conceptual, Ability, Proficiency, Comfortable, Familiarity, Excellent, Broad, Advanced, Strong, Strength, Expert, Direct}. Основываясь на современных российских образовательных и профессиональных стандартах, нам пришлось пересмотреть параметры классификации и оптимизировать их. Так, показатель TYPE = {Certificat, Degree} вынесен за рамки вышеописанной классификации. Он выделен сейчас как отдельный класс EDU, который характеризуется требованиями к соискателю иметь в наличии диплом о соответствующем образовании. Показатель TYPE = {Understanding} в силу своей похожести объединен с TYPE = {Skills}. Что касается уровней владения компетенцией, все они были также укрупнены исходя из их смысловых значений. Так, LEVEL = {None, Basic, General} теперь соответствует LEVEL = {Min}. LEVEL = {Excellent, Broad, Advanced, Strong, Strength, Expert, Direct} объединен в LEVEL = {Max}. Остальные значения показателя уровня владения отнесены к LEVEL = {Mid}.

Параметры классификации TYPE и LEVEL являются не категориальными, а порядковыми признаками, имеют как лексическое (текстовое), так и соответствующее им целочисленное значение {1, 2, 3}, позволяющее их ранжировать в порядке силы влияния, что важно для последующего анализа онтологии.

Итоговым результатом классификации является параметр «OBJECT», содержащий

предметную область компетенции, за вычетом TYPE, LEVEL, грамматик (союзов и предлогов), а также знаков препинания. Например, OBJECT = {Computer Science, Microsoft SQL Server 2008, Communication, Math, , XML, Databases, Java, Linux, etc…}.

Таким образом, предлагаемая система классификации позволяет создать онтологическую модель компетенций в четырех измерениях: «OCCUPATION» – «TYPE» – «LEVEL» – «OBJECT», где количественной мерой является параметр COUNT. Данная система соответствует многомерному концептуальному представлению по Кодду (multi-dimensional conceptual view) [6].

### Алгоритм классификации IT-компетенций

Для формирования соответствующей многомерной модели компетенций был разработан алгоритм классификации, с помощью которых неструктурированное множество «профессиональных» компетенций можно было представить в виде онтологии.

Ниже представлен общий алгоритм классификации компетенций.

1. Вызвать процедуру для выбора пользовательского режима разделения/неразделения компетенций, если результат выбора = Ложь, перейти на строку 8.
2. Вызвать алгоритм 1 для разделения компетенции при наличии в ней нескольких типов одновременно.
3. Вызвать алгоритм 2 для разделения компетенции при наличии «,» и «in» или «and».
4. Вызвать алгоритм 3 для разделения компетенции при наличии «with» и «and» или «,» или «or».
5. Вызвать алгоритм 4 для разделения компетенции при наличии «of» и «and» или «,».
6. Вызвать алгоритм 5 для разделения компетенции при наличии «in» и «and» или «or».
7. Конец условия.
8. Вызвать алгоритм 6 для разделения компетенции на отдельные теги (слова).
9. Вызвать алгоритм 7 для определения класса Edu и типа Type компетенций.
10. Вызвать алгоритм 8 для определения уровня владения компетенцией Level.
11. Вызвать алгоритм 9 для определения грамматик Gramm.
12. Вызвать алгоритм 10 для определения предметной области Object.

Важной особенностью предложенного алгоритма является его способность работать в режиме разделения сложных компетенций на простые, когда строка с несколькими компетенциями делится на несколько строк с одной компетенцией в каждой. Такой режим необходим, например, когда в объявлении о работе несколько фактически различных компетенций перечислены в одной строке. Например, компетенция «Experience and knowledge of ETL Development» является сложной, так как совмещает в себе 2 типа компетенций – с одной стороны опыт, с другой – знания. Компетенция «Experience in Microsoft SQL Server 2008, Administration experience» также является сложной, так как в первой ее части до запятой подразумевается непосредственно опыт работы, а во второй части опыт администрирования. Аналогичных примеров в списке компетенций предостаточно.

Возможность алгоритма разделять сложные компетенции на простые повышает корректность результатов его работы. Ниже, в таблице приведены основные метрики качества работы алгоритма в двух режимах – с разделением сложных компетенций на простые и без разделения.

Оценки работы алгоритма классификации

| № | *n* | *a* | *b* | *c* | *P* | *T* | *F* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 126 | 119 | 7 | 0 | 1 | 94% | 97% |
| II | 189 | 175 | 14 | 0 | 1 | 93% | 96% |
| III | 270 | 225 | 45 | 0 | 1 | 83% | 91% |
| IV | 483 | 400 | 83 | 0 | 1 | 83% | 91% |

В таблице используются следующие обозначения: *n* – число компетенций; *a* – правильно распознанные компетенции; *b* – неправильно распознанные компетенции; *c* – нераспознанные компетенции; *P* – полнота распознавания; *T* – точность распознавания; *F* – F-метрика.

При этом оценивались два режима работы алгоритма для двух типов выборок – обучающей и контрольной: I – обучающая выборка (без разделения компетенций); II – обучающая выборка (с разделением компетенций); II – контрольная выборка (без разделения компетенций); IV – контрольная выборка (с разделением компетенций).

Из таблицы видно, что качество классификации в режиме без разделения и с разделением компетенций отличаются незначительно. Тем не менее разница между качеством обучающих и контрольных выборок меньше у алгоритма с разделением компетенций. Кроме того, общее число реальных «простых» компетенций после разделения составило 672 компетенции против 396 в начале, то есть выросло более, чем на 58%!

На основании приведенных оценок результаты работы данного алгоритма можно считать вполне приемлемыми.

### Результаты исследования и их обсуждение

В результате работы предложенного алгоритма была получена многомерная

модель востребованных компетенций IT-отрасли, которая также может быть представлена в виде онтологии (структурированного перечня).

Для презентации были выбраны результаты классификации работы алгоритма в режиме разделения компетенций на объединенном множестве из обучающей и контрольной выборок, мощность которого составила 575 компетенций (таблица).

На рис. 1 приведена диаграмма структурного распределения различных типов компетенций по рассматриваемым профессиям.

В представленной структуре, несмотря на явное разнообразие по профессиям в среднем, заметна преобладающая роль двух типов «Experience» и «Knowledge» – 46%. Менее значимым из всех является «Skills» – 8%.

На рис. 2 показано распределение значений параметра измерения LEVEL (уровней владения компетенциями) по типу компетенций.

Видно, что самый большой процент для всех типов – это начальный уровень владения компетенцией – Min. Максимальная доля уровня Min достигается для компетенции типа «Experience» – 81%. И наоборот, максимальная доля самого высшего уровня Max –36% относится к компетенции «Skills».

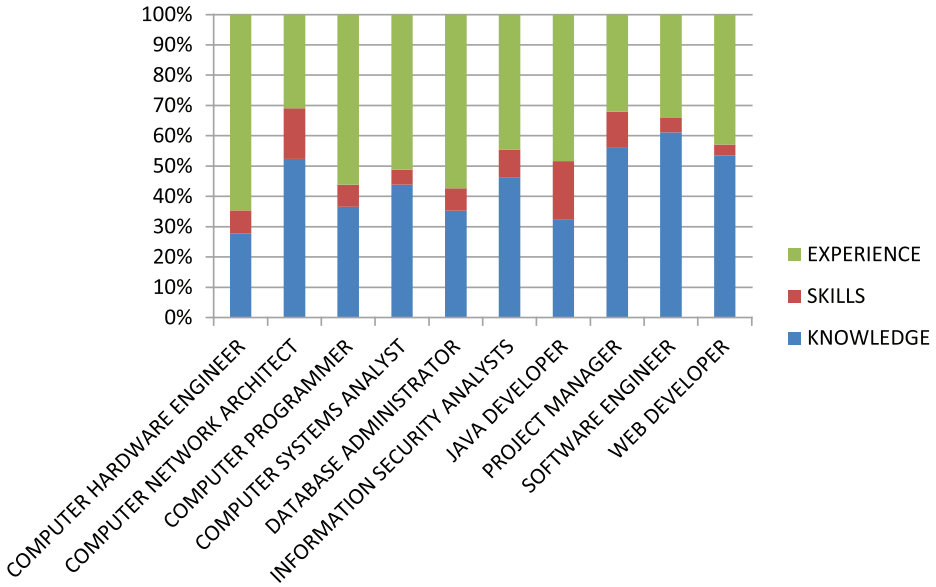



*Рис. 1. Распределение структуры типов компетенций по профессиям IT-сферы*

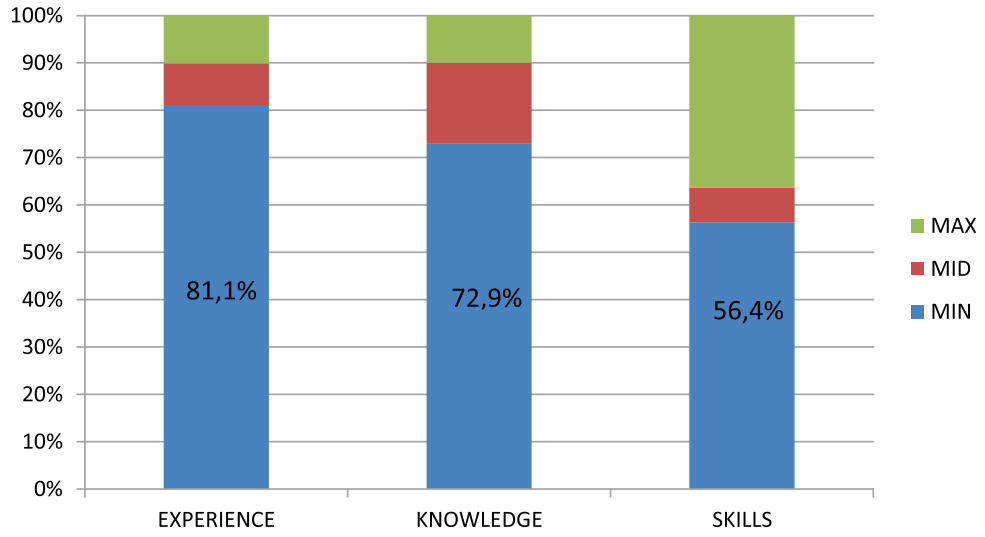



*Рис. 2. Распределение структуры уровней владения компетенциями по типу*

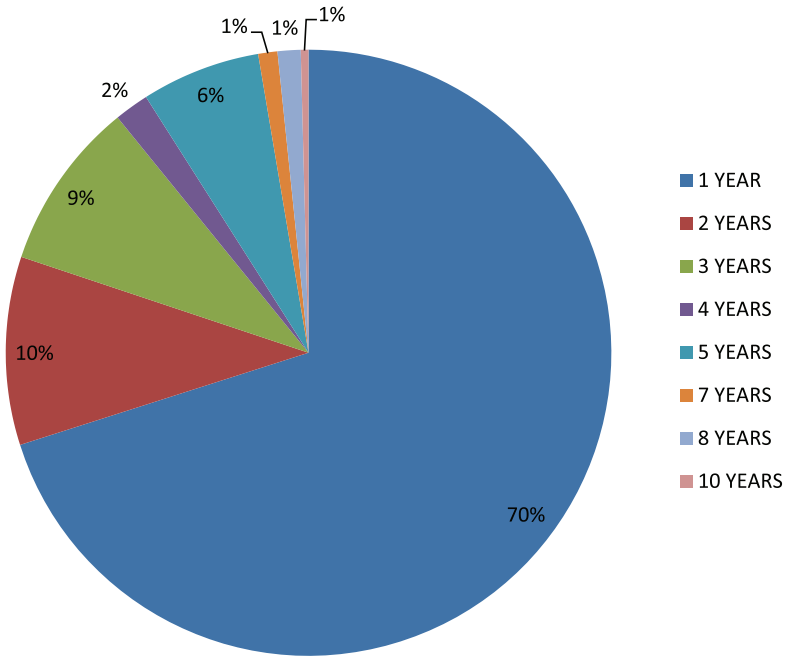



*Рис. 3. Распределение требований к опыту работы по компетенциям*

Компетенция типа «Experience» имеет свою особенность, которая присуща только ей – интерпретацию ее уровней будет правильно проводить не по лексическим значениям, а по соответствующим им целочисленным, так как в данном случае они несут смысл лет опыта работы. Более корректное представление компетенции типа «Experience» приведено на рис. 3.

Из рисунка видно, что распределение структуры опыта по годам идет в обратном порядке: около 70% объявлений не указывает число лет опыта работы, что интерпретируется как минимум 1 год; около 10% требуют наличие опыта не менее 2 лет; 9% не менее 3 лет и т.д. Максимальным требованием к опыту работы является значение не менее 10 лет.

Стоит отметить еще одну особенность классификации компетенций – распределение компетенций по классу Edu, с требованиями о наличии соответствующего образования (диплома, сертификата и т.д.) по типам Type. Наличие образования является не менее важным критерием при отборе претендентов на вакантные места. Согласно нашим исследованиям, 83% всех имеющихся требований о наличии диплома или сертификата относятся к типу Knowledge. Причем 95% из них встречается при минимальном уровне владения компетенцией, т.е при LEVEL = Min. Остальные 17% всех требований об образовании принадлежат типу Experience.. В типе Skills такие требования полностью отсутствуют.

Статистический анализ полученной нами модели позволил выявить особенности компетентностной структуры для каждой из 10 профессий, получить количественные характеристики для используемых параметров классификации, а также приобрести новое знание о потребностях работодателей IT-отрасли.

Полученные результаты открывают в будущем потенциальную возможность сравнения компетенций работодателей с компетенциями дисциплин в учебных планах, что является следующим важным этапом проводимой серии исследований.

## Список литературы

1. Бурденко Е.В. Рынок образовательных услуг в трансформируемой экономике: автореф. дис.. канд. эконом. наук. – Москва, 2004. – С. 22.

2. Мушкетова Н.С. Маркетинговое взаимодействие рынка труда и рынка образовательных услуг / Философия социальных коммуникаций. – 2013. – № 3 (24). – С. 88–99.

3. Варфоломеев А.Г., Питухин Е.А., Тулаева А.И. Концепция информационной системы управления учебными планами // Университетское управление: практика и анализ. – 2016. – № 5(105). – С. 122–132.

4. Top 10 jobs for computer science majors. URL: https://www.thebalance.com/top-jobs-for-computer-science-majors-2059634 (дата обращения: 17.03.2017).

5. Pitukhin E., Varfolomeyev A., Tulaeva A. Job Advertisements Analysis for Curricula Management: The Competency Approach // ICERI2016 Proceedings. 9th International Conference of Education, Research and Innovation, 14–16 November 2016, Seville, Spain. IATED. P. 2026–2035.

6. Codd E.F. «Is Your DBMS Really Relational?» ComputerWorld, № 14, October 1985.

УДК 691.714

# ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т, ПОДВЕРГНУТОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОМУ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОД ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

**[1,2]Пушин В.Г., [3]Мурышев Е.Ю., [1]Белослудцева Е.С., [1]Куранова Н.Н., [1]Пушин А.В., [1]Свирид А.Э., [1]Уксусников А.Н., [4]Ананьев А.И., [5]Шевченко В.Г.**

*[1]Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: pushin@imp.uran.ru;*
*[2]Уральский федеральный университет, Екатеринбург;*
*[3]ИП Мурышев Е.Ю., Москва;*
*[4]ФГУП «НПО им. С.М. Лавочкина», Химки;*
*[5]Институт химии твердого тела УрО РАН, Екатеринбург*

Впервые исследования методом просвечивающей электронной микроскопии выполнены в образцах нержавеющей стали, подвергнутых длительному высокочастотному (50 МГц) гидродинамическому внешнему воздействию (ВГДВ) под высоким давлением (2–3 ГПа) в устройстве специальной конструкции. Обнаружено, что при ВГДВ в сплошном приповерхностном слое стали толщиной до 100 мкм образуется структура, сформированная деформационно-индуцированными тонкодвойникованными кристаллами α и ε фаз. В следующем промежуточном слое, расположенном на глубине 100–200 мкм, внутри аустенитных зерен найдены следы фрагментации с дислокационной и двойникованной субструктурой, обусловленные фазовым наклепом ревертированного аустенита в процессе прямого и обратного мартенситного превращения γ–ε–α. Особенности микроструктуры γ-аустенита, ε- и α-мартенсита детально изучены. Анализ полученных и известных данных показал, что при указанном многоцикловом высокочастотном внешнем воздействии имели место термо-, баро- и упругопластические механизмы реализации данных мартенситных превращений. Их протекание, как известно, сопровождается баро- и магнитокалорическими эффектами выделения тепла при прямом мартенситном превращении и, соответственно, поглощения тепла при обратном превращении.

**Ключевые слова: нержавеющая сталь, мартенсит, субструктура, двойники, ревертированный аустенит, термо-, баро-, магнитокалорический эффект**

# THE EFFECT OF HIGH FREQUENCY HYDRODYNAMIC EXPUSRE OF ON STRUCTURAL HIGH PRESSURE AND PHASE TRANSFORMATIONS IN STAINLESS STEEL 12X18H10T

**[1,2]Pushin V.G., [3]Muryshev E.Yu., [1]Belosludtseva E.S., [1]Kuranova N.N., [1]Pushin A.V., [1]Svirid A.E., [1]Uksusnikov A.N., [4]Ananev A.I., [5]Shevchenko V.G.**

*[1]M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, e-mail: pushin@imp.uran.ru;*
*[2]Ural State University, Ekaterinburg;*
*[3]IP Muryshev E.Yu., Moscow;*
*[4]«S.M. Lavochkin SPU», Himki;*
*[5]Institute of Solid State Chemistry of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg*

The first time study stainless subjected to prolonged high-frequency (50 MHz) external hydrodynamic effects (EHDE) under high pressure (2–3 GPa) in the device of special design were performed by transmission electron microscopy. It is found that due to EHDE solid surface layers of steel of thickness up to 100 μm undergo a martensitic deformation-induced transformation with appearance of thin twinning crystals α and ε phases structure. In following intermediate layers located at a depth of 100–200 μm, traces of fragmentation with dislocation and twinning substructure inside the austenite grains, because of work hardening of austenite in the process of direct and reverse martensitic transition γ–ε–α were discovered. Features of the γ-austenite, ε and α-martensite microstructure were studied. Based on the analysis of the obtained and known data it is concluded that due to the multi-cycle high-frequency external impact take a place thermo-, baro – and elasto-plastic mechanisms of martensitic transformations. The martensitic transformation should be accompanied by baro – and magnetocaloric exothermal effects by direct martensitic transformation and, consequently, endothermal effects during reverse transformation.

**Keywords: stainless steel, martensite, substructure, twins, reverted austenite, thermo-, baro-, magnetocaloric effect**

Благодаря высоким коррозионным и пластическим характеристикам нержавеющие аустенитные стали широко применяются в самых разных отраслях экономики и социальной сферы: в химической, нефтехимической и пищевой промышленности, тепло- и электротехнике, при строительстве морских и прибрежных сооружений, на транспорте, особенно морском, в медицине и фармацевтике [1, 2]. Из них изготавливают мосты, стационарные и плавучие нефте- и газодобывающие платформы, ветрогенераторы, несущие и опорные конструкции высотных зданий и многие другие изделия, устройства и механизмы.

Как правило, высокие эксплуатационные свойства современных конструкционных стальных материалов обеспечиваются за счет использования комплексного легирования и диффузионно-контролируемых фазовых превращений (прежде всего, распада пересыщенных твердых растворов) и бездиффузионных мартенситных превращений, реализующихся по деформационному механизму [1–3]. Большое внимание исследователей обращается на изучение и разработку высокопрочных сталей и сплавов, метастабильных по отношению к мартенситному превращению. Это связано, прежде всего, с наличием в них аномально больших значений пластических характеристик и возможностью создания одновременно высокопрочных пластичных и вязких конструкционных материалов [2–4]. Не менее важна и задача исследования природы и основных механизмов структурных превращений, ответственных за возрастание прочности и пластичности таких материалов. При рассмотрении воздействия пластической деформации (например, в процессе внешних воздействий, включая механические испытания) на структуру и свойства метастабильных сталей можно выделить три основных аспекта:

1) индуцирующее влияние деформации и давления на мартенситное превращение в ходе деформирования;

2) влияние деформации на поведение метастабильного аустенита, не сопровождающееся мартенситным превращением;

3) природа и механизмы повышения пластичности в метастабильных сталях [3, 4].

Так, низкотемпературная пластичность метастабильных сталей во многом определяется не только мартенситным превращением, но и механическим двойникованием в процессе деформации [3, 4]. Склонность к протеканию данных процессов в значительной степени зависит от термической стабильности аустенита, определяемой его химическим составом, энергии дефектов упаковки и действующих напряжений.

Если металлические материалы испытывают высокообратимые термоупругие или механоупругие мартенситные превращения, то сплавы демонстрируют так называемые эффекты памяти формы [3, 5, 6]. Обуславливают возникновение эффектов памяти формы размягчение модулей упругости и особый кристаллографически высокообратимый механизм деформации по мартенситному типу, происходящий за счет кооперативной перестройки атомно-кристаллической решетки и аккомодационного механического двойникования при прямом и обратном фазовых переходах [3, 7, 8] или сдвиговой переориентации кристаллов мартенсита под механической нагрузкой в межкритическом интервале температур [7, 10, 11]. Применяя различные системы легирования, режимы термических и механических обработок, в том числе специальные экстремальные внешние воздействия, можно управлять обратимостью и температурно-деформационными интервалами реализации мартенситных превращений [12, 13]. Кроме того, возможно изменять нетермоупругие механизмы мартенситного превращения в термоупругие или, наоборот, термоупругие в нетермоупругие в одних и тех же сплавах [2, 3].

В работе впервые, методами аналитической просвечивающей электронной микроскопии и микродифракции электронов, была исследована нержавеющая сталь 12Х18Н10Т в исходном закаленном состоянии и после длительной (до 1 года) обработки мощным высокочастотным (с частотой 50 МГц) гидробародинамическим внешним воздействием (ВГДВ) высокоскоростным потоком жидкости (воды) со скоростью (25–30) м/с, создающим высокое давление (2–3) ГПа в аппарате специально разработанной конструкции из тонких колец стали 12Х18Н10Т, чередующихся по диаметру. Структуру изучали на оборудовании ЦКП ИФМ УрО РАН. Для изучения структурно-фазовых изменений в тонких приповерхностных слоях стали необходимо было тщательно приготовить тонкие образцы для просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Это достигалось их электролитическим утонением с внутренней стороны образцов, первоначально вырезанных из заготовки стали электро-эрозионным методом и подвергнутой шлифованию следов резки. Поверхностный слой заготовки, на который осуществлялось или не осуществлялось ВГДВ, предварительно защищался от электролитического воздействия при утонении.

## Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1, а, приведено полученное методом ПЭМ типичное изображение обычной зеренной структуры γ-аустенита в стальных кольцевых образцах в исходном состоянии без каких-либо признаков пластической деформации или мартенситного превращения. Этим же методом в приповерхностном слое стали после ВГДВ, напротив, наблюдались области характерного контраста, типичного для деформационно-индуцированного α-ОЦК (рис. 2, 3) и ε-ГПУ (рис. 4) тонкопластинчатого мартенсита, очевидно, возникающих в исследуемой стали при ВГДВ. На изображениях, представленных на рис. 2–4, отчетливо идентифицируется высокодефектная тонкодвойникованная пакетная морфология ε- и α-мартенсита, содержащих также

высокую плотность дислокаций. Типичной для промежуточного слоя, залегающего на глубине (100–200) мкм от края кольца, была фрагментированная ячеистая субструктура (рис. 1, б, в), содержащая несколько повышенную плотность дислокационных (рис. 1, б) и двойниковых границ (рис. 1, в) и дислокаций и нанодвойников (рис. 1, б, г), что характерно для фазонаклепанного γ-аустенита. По данным элементного микроанализа в указанных приповерхностных слоях химический состав не изменился.

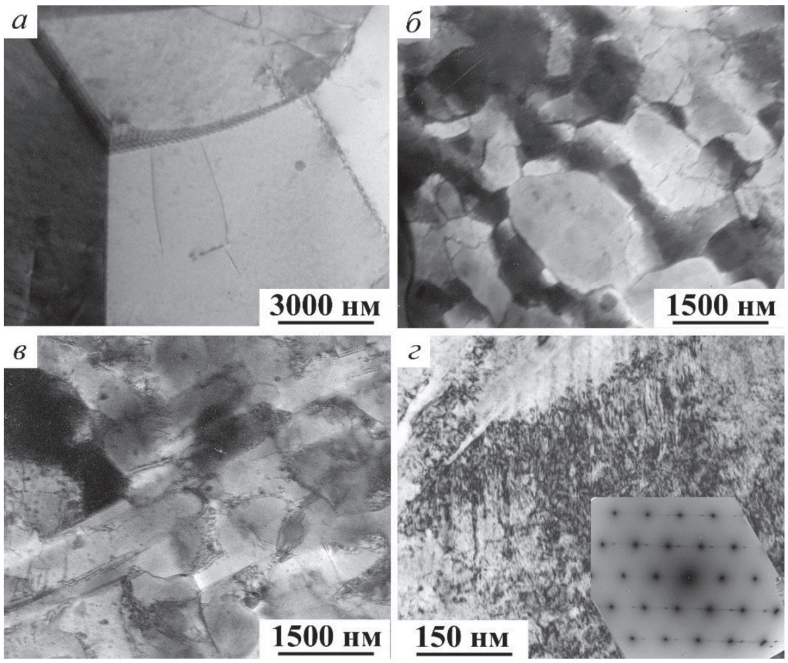



*Рис. 1. Изображения (а–г) и соответствующая микроэлектронограмма (вставка на рис. г), полученные методом ПЭМ, закаленной стали 12Х18Н10Т в исходном состоянии (а) и после ВГДВ в течение 1 года в промежуточном слое 100–200 мкм (б–г)*

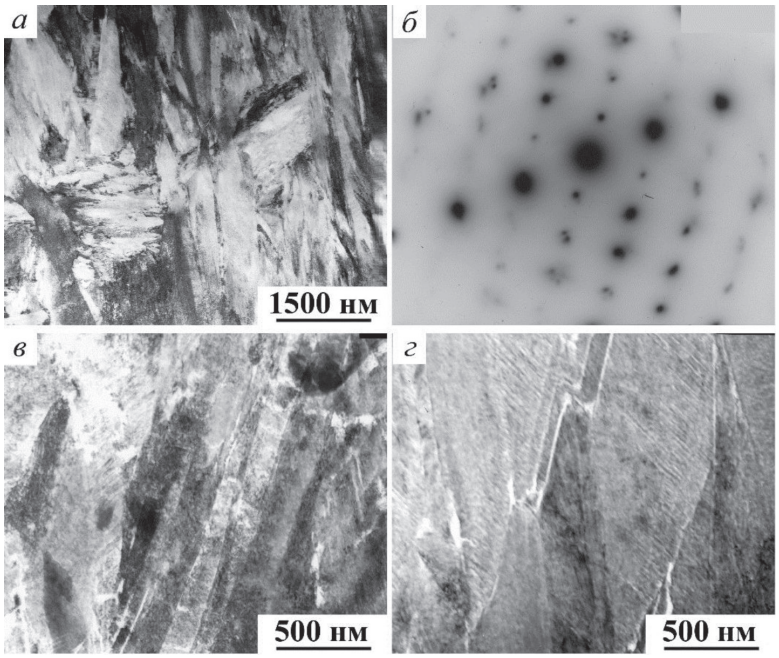



*Рис. 2. Изображения, полученные методом ПЭМ, дислокационного α-мартенсита пакетной двойниковой морфологии (а, в, г) и соответствующая электронограмма (б, ось зоны [110] ОЦК) в приповерхностном слое после ВГДВ в течение 1 года*

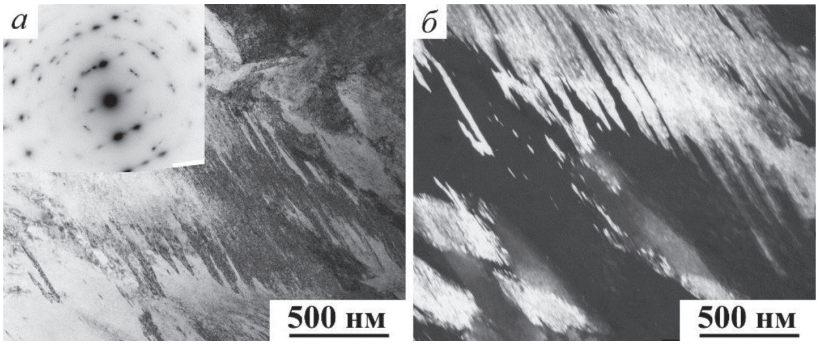



*Рис. 3. Светло- (а) и темнопольное (б) изображения и соответствующая микроэлектронограмма (вставка на рис. а), полученные методом ПЭМ, тонкодвойникованного α-мартенсита пакетной морфологии в приповерхностном слое после ВГДВ в течение 1 года*

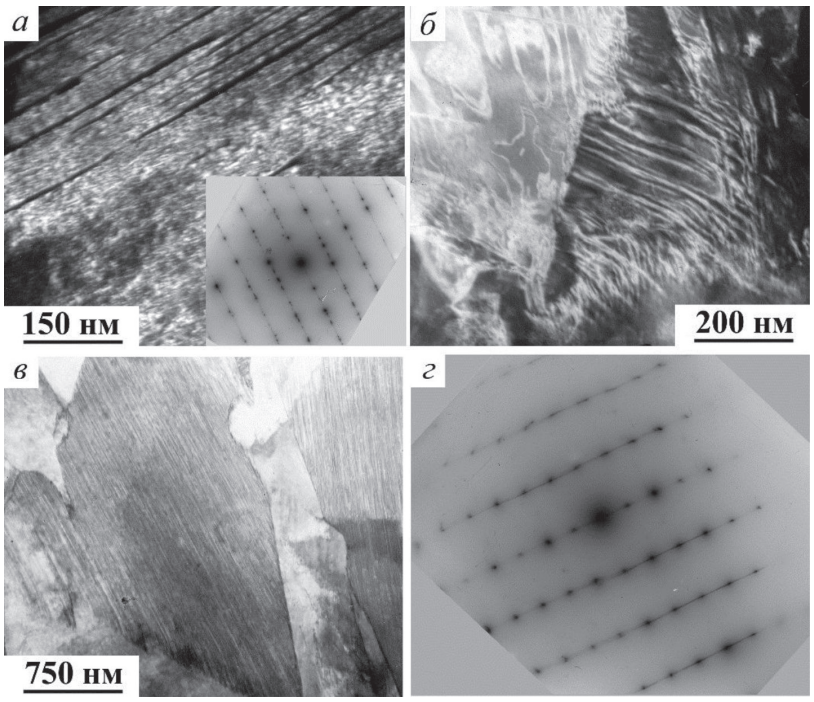



*Рис. 4. Темно- (а, б) и светлопольное (в) изображения и соответствующие электронограммы (г, вставка на рис. а), полученные методом ПЭМ механических нанодвойников в аустените (а), изогнутых (б) и прямолинейных (в) тонких двойников в ε-мартенсите пакетной морфологии и в приповерхностном слое после ВГДВ в течение 1 года*

Кроме того, магнитометрия и рентгеноструктурный анализ подтвердили наличие при комнатной температуре ОЦК-фазы только в вогнутых приповерхностных слоях колец, подвергнутых ВГДВ, а в остальных образцах была идентифицирована только парамагнитная ГЦК-фаза – γ-аустенита.

Как известно, в нержавеющий стали типа 12Х18Н10Т при охлаждении только ниже комнатной температуры (точка начала мартенситного превращения $M_s$ близка –200 °С) и в процессе пластической деформации происходят бездиффузионные мартенситные превращения γ→α и γ→ε [2]. Если механическое двойникование и мартенситные превращения в сталях происходят при деформации, это может повысить их пластичность. И, кроме того, данные процессы приводят к росту плотности дислокаций и механических нанодвойников, а также и измельчению кристаллов мартенситных фаз [2, 3]. Стабильность полученных микроструктуры и фазового состава таких сталей сохраняется в достаточно широком (до 500 °С) межкритическом температурном интервале (вплоть до температуры рекристаллизации аустенита) [2–4]. Сплавы с термо-,

баро-, механо- или магнитоупругим механизмами мартенситного превращения испытывают его в гораздо более узком межкритическом интервале, которое при циклировании температуры, величины давления или магнитного поля отличает-высокая фазовая, ориентационно-текстурная и микроструктурно-морфологическая обратимость [3, 5].

На основании проведенных в работе электронно-микроскопических исследований можно сделать вывод, что в изученной стали, подвергнутой ВГДВ в условиях достигаемых экстремальных внешних воздействий, происходило высокообратимое мартенситное превращение при температурах, более чем на 200 °С превышающих $M_s$. Как известно, при ударном сжатии давление на фронте ударной волны быстро возрастает, а в волне разрежения давление становится отрицательным, т.е. сжимающие напряжения сменяются растягивающими. При этом, очевидно, что в метастабильном аустените в областях сжатия (и уменьшения объема) будет стимулироваться зарождение и упругий рост кристаллов пластин ε-фазы, а в областях растяжения (увеличения объема) – рост α-фазы. Прекращение ВГДВ зафиксировало в тонком наружном слое мартенситную структуру. Экспериментально была определена толщина слоя (до 100 мкм), в котором вследствие приповерхностной релаксации сохранился мартенсит и не испытал обратного превращения. В более глубоких прилегающих объемах, напротив, обратное мартенситное превращение завершилось, но остались следы фазового наклепа. Безусловно, что при реализации термо-, баро-, магнитоупругих механизмов при указанных превращениях будут осуществляться баро- и магнитокалорические эффекты [4, 12, 14].

## Заключение

В результате выполненных исследований нержавеющей стали после ВГДВ методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения и микродифракции электронов, были обнаружены следующие структурно-фазовые изменения. ВГДВ в узком приповерхностном слое стали (толщиной до 100 мкм) привело к появлению деформационно-индуцированных тонкодвойникованных кристаллов мартенситных ферромагнитной α и антиферромагнитной ε фаз. В следующем промежуточном слое (глубиной до 100 мкм) была обнаружена ячеистая фрагментация с повышенной плотностью дислокаций и микродвойников внутри аустенитных зерен, указывающая на деформационно-фазовый наклеп γ-аустенита. Полученные данные доказывают, что в исследованных приповерхностных областях стали происходило обратимое мартенситное превращение. Но если в зонах сжатия за счет мощного ВГДВ происходит зарождение и квазиупругий рост пластин ε-фазы, то в зонах растяжения – кристаллов α-фазы. ВГДВ под высоким давлением было реализовано длительное время (1 год) и обеспечило деформационно-индуцированные, сдвиговые мартенситные превращения циклически по схемам: $\gamma \leftrightarrow \varepsilon$, $\gamma \leftrightarrow \alpha$, $\gamma \leftrightarrow \varepsilon \leftrightarrow \alpha$ в условиях взаимной аккомодации объемных эффектов превращений. Остановка ВГДВ привела к наследованию в тонком наружном слое мартенситной структуры вследствие приповерхностной релаксации. Как уже отмечалось, его толщина по экспериментальным данным составила до 100 мкм. В более глубоких внутренних объемах обратное мартенситное превращение успело состояться. Реализация особых термо- баро-, магнитоупругих механизмов указанных превращений сопровождается баро- и магнитокалорическими эффектами. А их заметная асимметрия по величине в циклах прямого и обратного превращений может стать причиной, например, значительного устойчивого тепловыделения («теплового насоса») в аппаратах, вызывающих данные превращения в результате чего механическая энергия преобразуется в тепловую [14].

*Работа выполнена в рамках госзадания ИФМ УрО РАН (по теме «Структура») и ИХТТ УрО РАН и при частичной поддержке проектом УрО РАН № 15-9-2-17 и ИП Мурышев Е.Ю.*

## Список литературы

1. Приданцев М.В., Талов Н.П., Левин Ф.Л. Высокопрочные аустенитные стали. – М.: Металлургия, 1969. – 248 с.

2. Сагарадзе В.В. Упрочнение и свойства аустенитных сталей / В.В. Сагарадзе, А.И. Уваров. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. – 720 с.

3. Пушин В.Г. Предпереходные явления и мартенситные превращения / В.Г. Пушин, В.В. Кондратьев, В.Н. Хачин. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 368 с.

4. Георгиева И.Я. Высокопрочные стали с пластичностью, наведенной мартенситным превращением / Металловедение и термическая обработка, сер. Итоги науки и техники. – М.: ВИНИТИ, 1982. – Т. 16. – С. 69–105.

5. Лободюк В.А. Мартенситные превращения / В.А. Лободюк, Э.И. Эстрин. – М.: Физматлит, 2009. – 352 с.

6. Лободюк В.А. Кристаллоструктурные особенности предпереходных явлений и термоупругих мартенситных превращений в сплавах цветных металлов / В.А. Лободюк, Ю.Н. Коваль, В.Г. Пушин // ФММ. – 2011. – Т. 111, № 2. – С. 169–194.

7. Pushin V.G. Alloys with a Thermomechanical Memory: Structure, Properties, and Application // Phys. Met. Metallography. – 2000. – V. 90. Suppl.1. – P. 568–595.

8. Dasgupta Rupa. A look into Cu-based shape memory alloys: Present scenario and future prospects // J. Mater. Res. – 2014. – V. 29. № 16. – P. 1681–1698.

9. Wang Zh. Effects of solidification parameters on microstructure and mechanical properties of continuous columnar-grained Cu-Al-Ni alloy / Zh. Wang, Xue-feng Liu, Jian-xin Xie // Progr. Natural Science: Materials International. – 2011. – V. 21. – P. 368–374.

10. Киреева И.В. Влияние водорода на эффект памяти формы и сверхэластичность в однофазных монокристаллах никелида титана / И.В. Киреева, Ю.И. Чумляков, Ю.Н. Платонова // Письма в ЖТФ. – 2015. – Т. 41. Вып. 6. – С. 58–66.

11. Чумляков Ю.И. Эффект памяти формы и сверхэластичность в монокристаллах ферромагнитного сплава FeNiAlTi / Ю.И. Чумляков, И.В. Киреева, В.В. Поклонов, З.В. Победенная, I. Karaman // Письма в ЖТФ. – 2014. – Т. 40, № 17. – С. 47–53.

12. Konig D. Phase transformation, structural and functional fatigue properties of Ti-Ni-Hf shape memory thin films / D. Konig, R. Zarnetta, A. Savan, H. Brunken, A. Ludwig // Acta Materiala. – 2011. – V. 59. – P. 3267–3275.

13. Meng X.L. Martensite structure in Ti-Ni-Hf-Cu quaternary alloy ribbons containg $(Ti,Hf)_2Ni$ precipitates / X.L. Meng, W. Cai, Y.D. Fu, J.X. Zhang, L.C. Zhao // Acta Materiala. – 2010. – V. 58. – P. 3751–3763.

14. Кауфман Л. Термодинамика и кинетика мартенситных превращений / Л.Кауфман, М. Коэн; пер. с англ. А.Л. Ройтбурда // Успехи физики металлов. – М.: Металлургиздат, 1961. – Т. 4. – С. 192.

УДК 66.085:[546.05 + 546.783 + 549.514.62]

# ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ АНАТАЗА, ДОПИРОВАННОГО ОКСИДОМ ВОЛЬФРАМА

**[1]Пячин С.А., [1]Карпович Н.Ф., [1]Зайцев А.В., [1]Бурков А.А., [2]Каминский О.И., [2]Ермаков М.А.**

*[1]ФГБУН «Институт материаловедения Хабаровского научного центра Дальневосточного отделения РАН», Хабаровск, e-mail: pyachin@mail.ru;*

*[2]ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, e-mail: kamin_div@mail.ru*

Методом гидротермального синтеза получены наноразмерные частицы диоксида титана, содержащие оксид вольфрама до 10 мол.%. Изучены морфология, структура, состав, оптические и фотокаталитические характеристики синтезированных порошков. Установлено, что кристаллическая структура полученных $TiO_2$-$WO_3$ композиций соответствует тетрагональной решетки анатаза. При увеличении концентрации оксида вольфрама граница области оптического поглощения допированного анатаза смещается в красную сторону, а ширина запрещенной зоны уменьшается с 3,15 эВ до 3,05 эВ. Фотокаталитическая активность $TiO_2$-$WO_3$ наночастиц при облучении водного раствора метилена синего УФ-видимым светом значительно выше, чем у частиц чистого диоксида титана, полученных аналогичным методом. Скорость фотокаталитического разложения метилена синего максимальна в присутствии $TiO_2$-катализатора с 7,5% добавкой $WO_3$.

**Ключевые слова: диоксид титана, допирование, гидротермальный синтез, спектроскопия диффузного отражения, ширина запрещенной зоны, фотокаталитическая активность**

# HYDROTHERMAL SYNTHESIS AND PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF ANATASE DOPED WITH TUNGSTEN OXIDE

**[1]Pyachin S.A., [1]Karpovich N.F., [1]Zaytsev A.V., [1]Burkov A.A., [2]Kaminskiy O.I., [2]Ermakov M.A.**

*[1]Institute of Materials, Khabarovsk Scientific Center, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, e-mail: pyachin@mail.ru;*

*[2]Pacific National University, Khabarovsk, e-mail: kamin_div@mail.ru*

Nanosized particles of titanium dioxide containing tungsten oxide up to 10 mol.%. was obtained by hydrothermal synthesis. The morphology, structure, composition, optical and photocatalytic characteristics of synthesized powders were studied. It is established that the crystalline structure of obtained $TiO_2$-$WO_3$ compositions corresponds to the tetragonal anatase lattice. When the concentration of the tungsten oxide increases, the edge of the optical absorption region for doped anatase is shifted to the red side, and the band gap decreases from 3,15 eV to 3,05 eV. At the UV-visible irradiation of aqueous solution of methylene blue, photocatalytic activity of $TiO_2$-$WO_3$ nanoparticles is significantly higher than that of particles of pure titanium dioxide obtained by the same method. The rate of photocatalytic methylene blue decomposition is higher in the presence of $TiO_2$ catalyst with 7,5% additive of $WO_3$.

**Keywords: titanium dioxide, doping, hydrothermal synthesis, spectroscopy diffuse reflectance, band gap, photocatalytic activity**

Диоксид титана в фазовой модификации анатаза весьма перспективен как недорогой и химически стойкий полупроводниковый фотокатализатор с шириной запрещённой зоны около 3,2 эВ для окисления органических загрязнителей воды при облучении УФ-светом [1]. Создание комплексов на основе $TiO_2$ с различными металлами позволяет улучшить его каталитические характеристики, а именно, сместить границы области поглощения в видимую область, увеличить частоту межзонных переходов электронов с последующим фотокаталитическим актом окисления или восстановления субстрата, а также уменьшить вероятность рекомбинации носителей зарядов [2, 3]. Среди таких материалов особого внимания заслуживает система $TiO_2$-$WO_3$ с областью поглощения света, расширенной до видимого диапазона [4, 5]. В настоящее время получены $TiO_2$-x$WO_3$ композиции в форме наночастиц [5–9], пленочных гетероструктур [10, 11], нанотрубок [12]. Исследования показали, что фотоактивность катализаторов $TiO_2$-x$WO_3$ значительно выше, чем у чистого диоксида титана. Тем не менее, она зависит от концентрации допирующего элемента. Когда содержание оксида вольфрама в наночастицах допированного анатаза, полученных золь-гель методом, не превышает 3%, они наиболее каталитически активны при УФ-фотооблучении раствора метилена синего [5]. Аналогично высокую реакционную способность показывают композиции $TiO_2$-5%$WO_3$ при разложении азокрасителя Acid Red [13] и трихлорэтилена в воздухе, содержащем водяной пар [9]. При более высоких концентрациях оксида вольфрама в каталитических частицах, скорость фоторазложения органических соединений

снижается. С другой стороны, существуют сведения о том, что концентрация органического красителя родамина В в водном растворе снижается наиболее быстро при УФ-облучении в присутствии $TiO_2$-$WO_3$ наночастиц, в которых молярное соотношение между оксидами равно 1:1 [8]. Таким образом, вопрос о влиянии концентрации $WO_3$-добавки на каталитические характеристики анатаза требует дополнительного изучения.

Одним из способов получения $TiO_2$-$WO_3$ наноразмерных частиц является гидротермальный синтез [8, 9]. Наночастицы, формируемые данным методом, обладают диаметром 10–30 нм, что обеспечивает высокие показатели удельной поверхности и способствует проявлению большой каталитической активности. Цель настоящей работы состояла в синтезе наноразмерных частиц диоксида титана со структурой анатаза, допированного оксидом вольфрама, а также исследовании их оптических и фотокаталитических характеристик в зависимости от концентрации $WO_3$.

## Материалы и методы исследования

В качестве исходных реактивов для гидротермального синтеза наночастиц $TiO_2$-$WO_3$ были использованы тетраизопропилат титана $Ti[OCH(CH_3)_2]_4$ (ТИОС) и паравольфрамат аммония $(NH_4)_4W_5O_{17}$*2,5$H_2O$, который растворяли в этаноле и добавляли к ТИОС при постоянном перемешивании в количестве, соответствующем 2,5; 5; 7,5 и 10 мол.% содержанию оксида вольфрама $WO_3$. Полученный раствор заливали в автоклав с тефлоновым вкладышем, который затем помещали в печь и выдерживали 24 ч при температуре 150 °C. После этого составы высушивали в течение 12 ч при 80 °C, а затем отжигали для удаления остатков органического прекурсора при динамическом нагреве до 450 °C в течение 72 ч и дополнительной изотермической выдержке в течение суток.

Размер и форма частиц исследованы с помощью растрового электронного микроскопа Hitachi SU-70 с приставкой энергодисперсионного элементного анализа UltraDry (центр коллективного пользования «Прикладное материаловедение» Тихоокеанского государственного университета). Фазовый состав определен методом рентгенодифракционного анализа с помощью дифрактометра ДРОН-7 с использованием $CuK_\alpha$-излучения. Шаг дискретизации угла 2*Theta* при съемке дифрактограмм был равен 0,05 °, что обеспечивало ошибку определения межплоскостных расстояний < 0,2 % (при угле 2*Theta* = 25 °) и 0,08 % (2*Theta* = 50 °). Удельная поверхность синтезированных порошков оценена на анализаторе Sorbi 4.1 методом BET с погрешностью менее 4 %. Спектральный комплекс на базе монохроматора МДР-41 с приставкой диффузного отражения по схеме «падающий луч 0 ° – отраженный луч 45 °» использован для измерения оптических характеристик образцов. Дифракционная решетка – 3000 штр/мм, шаг регистрации спектра – 0,05 нм, источник излучения – дейтериевая лампа. Коэффициент отражения *R* был рассчитан как отношение интенсивностей отраженного света исследуемого образца и оксида магния, который использовали в качестве непоглощающего стандарта. На основе зависимостей $R(\lambda)$ была вычислена функция Кубелки – Мунка, которая прямо пропорциональна коэффициенту поглощения $\alpha$ [14]

$$F(\lambda) = \frac{(1-R)^2}{2R} = \text{const} \cdot \alpha. \quad (1)$$

Поскольку поглощение УФ-излучения у анатаза обусловлено главным образом непрямыми переходами электронов из валентной зоны в зону проводимости, ширину запрещенной зоны $E_g$ оценивали согласно известному соотношению [15]

$$(\alpha E)^{1/2} = \text{const}\left(E - E_g\right). \quad (2)$$

Значение $E_g$ соответствует точке пересечения экстраполированного линейного участка графика зависимости $(EF)^{1/2}$ с осью абсцисс *E*.

Фотокаталитическая активность синтезированных порошков была определена по скорости разложения водного раствора метиленового синего (МС) под действием полихроматического света, источником которого служила металл-галогеновая лампа SYLVANIA HSI-TD 150 W Aqua Arc UVS со спектральным максимумом ≈ 500 нм. Лампа была расположена на расстоянии 30 см от поверхности раствора, что обеспечивало плотность мощности светового потока около 10 мВт/см$^2$. Объем исходного раствора составлял 350 мл при концентрации МС 1,2 мг/л. Масса порошков фотокатализаторов была равна 25 мг. В процессе облучения раствор перемешивали с помощью магнитной мешалки IKA RO10. Температура реагентов поддерживалась на уровне 25 ± 0,2 °C с помощью водоохлаждающего термостата Julabo F25-ED. Через каждую минуту фотокаталитической реакции определяли оптическую плотность раствора МС по интенсивности прошедшего через него излучения полупроводникового лазера ($\lambda$ = 650 нм, *P* = 5 мВт). Значение концентрации МС вычисляли с использованием калибровочного уравнения, полученного предварительно по результатам измерений оптической плотности раствора в интервале концентраций МС от 0,15 до 1,5 мг/л.

## Результаты исследования и их обсуждение

СЭМ-исследования синтезированных порошков показали, что частицы имеют форму, близкую к сферической (рис. 1). Диаметр наночастиц лежит в диапазоне 10–30 нм. По данным рентгеноструктурного анализа (рис. 2) во всех синтезированных композициях оксид титана находится в фазе анатаза с тетрагональной решеткой. Параметры кристаллической решетки указаны в табл. 1. Можно заметить, что наблюдается тенденция в уменьшении значений межплоскостных расстояний *a* и *c* при росте концентрации $WO_3$ в частицах, а также объема элементарной ячейки анатаза по сравнению с недопированным диоксидом титана и аналогичным образцом #21-1272 базы рентгеновских дифракционных данных PDF-2. Аналогичные изменения наблюдались у $TiO_2$-x$WO_3$ наночастиц, полученных золь-

гель методом в работе [6]. Следует также отметить, что пики дифракционных спектров размыты и имеют относительно малую интенсивность, что говорит о разупорядоченности кристаллической структуры анатаза. С увеличением концентрации допирующего вещества полуширина дифракционных пиков возрастает (табл. 1). Результаты расчета эффективного размера кристаллического блока по известной формуле Шеррера с учетом полуширины линии (101) анатаза показаны в табл. 2. Там же приведены значения удельной поверхности частиц, измеренной по методу БЕТ. Эффективный размер кристаллитов равен 17 нм для недопированного диоксида титана и уменьшается до 11 нм для $TiO_2$-7,5 %$WO_3$ частиц. Тем не менее наиболее развитой поверхностью обладают $TiO_2$-2,5 %$WO_3$частицы, которые образуют меньшее количество агломератов.

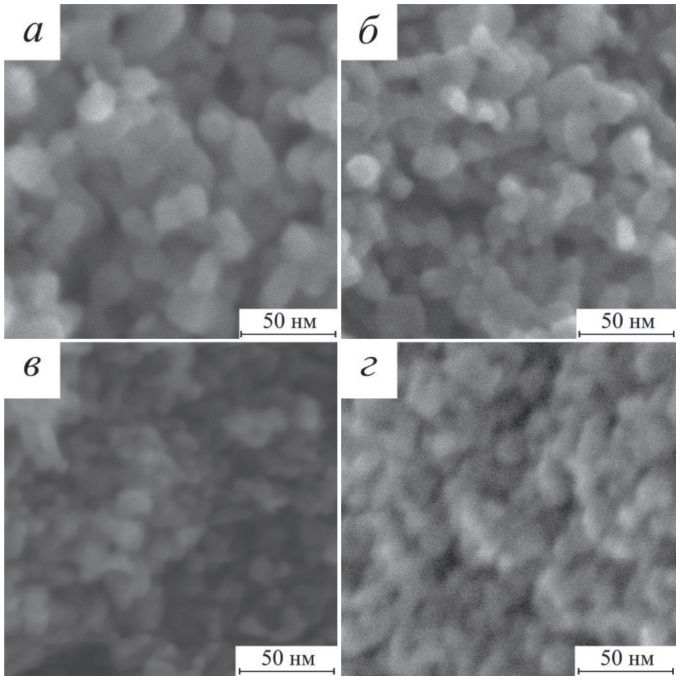



*Рис. 1. СЭМ-изображения наночастиц анатаза, допированного вольфрамом: а – $TiO_2$-2,5 %$WO_3$; б – $TiO_2$-5 %$WO_3$; в – $TiO_2$-7,5 %$WO_3$; г – $TiO_2$-10 %$WO_3$*

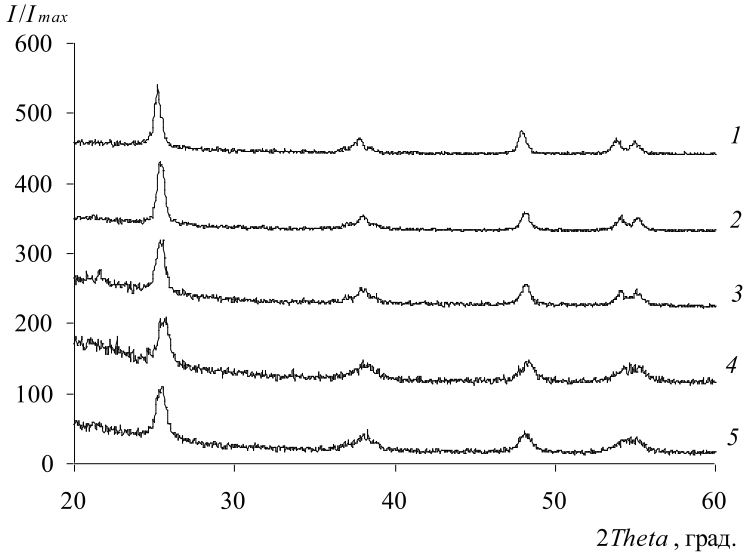


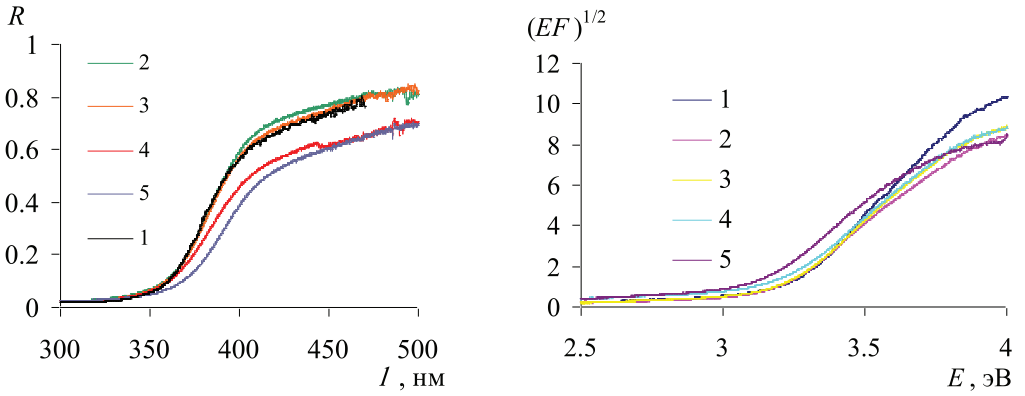

*Рис. 2. Рентгеновские дифрактограммы синтезированных порошков: 1 – анатаз; 2 – $TiO_2$-2,5 %$WO_3$; 3 – $TiO_2$-5 %$WO_3$; 4 – $TiO_2$-7,5 %$WO_3$; 5 – $TiO_2$-10 %$WO_3$*

**Таблица 1**

Параметры кристаллической решетки (сингония – I41/amd)

| Образец | *a*, Å | *c*, Å | *V*, Å$^3$ | Полуширина линии (101)*, град. |
|---|---|---|---|---|
| $TiO_2$ (анатаз, # 21-1272, PDF-2) | 3,785 | 9,514 | 136,26 | – |
| $TiO_2$ (анатаз) | 3,789 ± 0,005 | 9,509 ± 0,019 | 136,53 ± 0,34 | 0,484 |
| $TiO_2$-2,5%$WO_3$ | 3,783 ± 0,002 | 9,486 ± 0,008 | 135,81 ± 0,14 | 0,536 |
| $TiO_2$-5%$WO_3$ | 3,784 ± 0,003 | 9,485 ± 0,001 | 135,81 ± 0,22 | 0,638 |
| $TiO_2$-7,5%$WO_3$ | 3,772 ± 0,004 | 9,444 ± 0,014 | 134,34 ± 0,26 | 0,733 |
| $TiO_2$-10%$WO_3$ | 3,779 ± 0,004 | 9,460 ± 0,014 | 135,10 ± 0,25 | 0,668 |

Примечание. 2*Theta* = 25,28°.




*а)* *б)*

*Рис. 3. Спектры диффузного отражения (а) и зависимость $(EF)^{½}$ от энергии фотона (б) для наночастиц анатаза без (1) и с добавками: 2 – 2,5%$WO_3$; 3 – 5%$WO_3$; 4 – 7,5%$WO_3$; 5 – 10%$WO_3$*

Оптические спектры диффузного отражения полученных порошков показаны на рис. 3, а. Видно, что граница области поглощения допированного анатаза лежит в диапазоне 350–400 нм. Используя данные об отражательной способности порошков $TiO_2$-$WO_3$ и функцию Кубелки – Мунка, были построены графики функции $(EF)^{1/2}$ от энергии $E$ (рис. 3, б), а затем по пересечению линейных участков этих зависимостей с осью абсцисс определены значения $E_g$, которые представлены в табл. 2. Оценки показали, что для наночастиц анатаза ширина запрещенной зоны совпадает с известными литературными данными [1]. При увеличении концентрации легирующего соединения $WO_3$ с 2,5 мол.% до 10 мол.% ширина запрещенной зоны уменьшается с 3,15 эВ до 3,05 эВ.

Для оценки фотокаталитической активности $TiO_2$-$WO_3$ порошков были изучены кинетические зависимости разложения МС в присутствии катализаторов в темноте и при облучении УФ-видимым светом (рис. 4). Было установлено, что в темноте при комнатной температуре наибольшее снижение концентрации метилена синего до 70% происходит в присутствии частиц анатаза с 7,5% и 10% добавками $WO_3$, что, по-видимому, вызвано адсорбцией молекул МС на поверхности наночастиц катализатора. Во время облучения УФ-видимым светом скорость каталитического разложения МС при наличии $TiO_2$-$WO_3$ наночастиц значительно увеличивается. Уменьшение концентрации МС в процессе облучения можно описать с помощью уравнения

$$C(t) = C_0 \exp(-kt), \qquad (3)$$

где $k$ – константа скорости разложения, $C_0$ и $C$ – начальная и регистрируемая в мо-

мент времени $t$ концентрация метиленового синего соответственно. Константы скорости $k$ были определены посредством нахождения параметров уравнений линейной регрессии для зависимостей $ln(C/C_0) = f(t)$. Полученные значения $k$ для допированных фотокатализаторов примерно одинаковые и выше более чем в 8 раз по сравнению с частицами анатаза (табл. 2). Максимальная скорость фоторазложения водного раствора МС наблюдается при наличии катализатора $TiO_2$-7,5 %$WO_3$. Концентрация МС в облучаемом растворе уменьшается практически до нуля примерно за полчаса, что свидетельствует об эффективности синтезированных фотокаталитических частиц.

## Заключение

Гидротермальным синтезом получены наночастицы анатаза, содержащие в качестве добавки оксид вольфрама до 10 мол. %. Показано, что за счет допирования можно уменьшить ширину запрещенной зоны диоксида титана и, как следствие, повысить его фотокаталитическую активность. Наибольшую реакционную способность при разложении водного раствора метеленового синего в процессе облучения УФ-видимым светом проявляют $TiO_2$-7,5 %$WO_3$ нанокатализаторы.

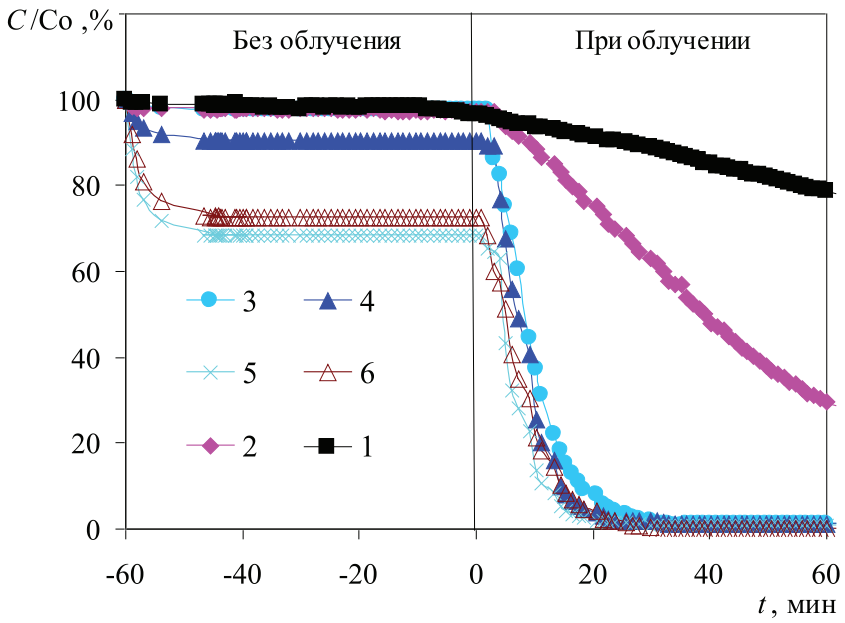



*Рис. 4. Кинетика разложения метилена синего при облучении УФ-видимым светом без (1) и в присутствии фотокатализаторов: 2 – $TiO_2$; 3 – $TiO_2$-2,5 %$WO_3$; 4 – $TiO_2$-5 %$WO_3$; 5 – $TiO_2$-7,5 %$WO_3$; 6 – $TiO_2$-10 %$WO_3$*

**Таблица 2**

Эффективный диаметр кристаллита, удельная поверхность, ширина запрещенной зоны синтезированных порошков, степень снижения концентрации МС без облучения, скорость разложения МС при облучении

| Образец | $d$, нм | $S_{BET}$, м$^2$/г | $E_g$, эВ | $(C_o-C)/C_o$, % без облучения | $k$, мин$^{-1}$ при облучении |
|---|---|---|---|---|---|
| $TiO_2$ (анатаз) | 17 | 80 ± 0,1 | 3,20 | 2,9 | 0,02 |
| $TiO_2$-2,5 %$WO_3$ | 15 | 129,0 ± 0,1 | 3,15 | 2,7 | 0,17 |
| $TiO_2$-5 %$WO_3$ | 13 | 103,0 ± 0,8 | 3,15 | 9,7 | 0,18 |
| $TiO_2$-7,5 %$WO_3$ | 11 | 92,2 ± 1,5 | 3,13 | 31,7 | 0,23 |
| $TiO_2$-10 %$WO_3$ | 12 | 97,6 ± 2,4 | 3,05 | 27,3 | 0,18 |

*Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (№ гранта 15-1-4-004о).*

## Список литературы

1. Lee S.-Y., Park S.-J. $TiO_2$ photocatalyst for water treatment applications // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2013. – V. 19. – P. 1761–1769.

2. Zaleska A. Doped-$TiO_2$: A Review // Recent Patents on Engineering. – 2008. – V. 2. – Iss. 3. – P. 157–164.

3. Tobaldi D.M., Škapin A.S., Pullar R.C., Seabra M.P., Labrincha J.A. Titanium dioxide modified with transition metals and rare earth elements: Phase composition, optical properties, and photocatalytic activity // Ceramics International. – 2013. – V. 39. – Iss. 3. – P. 2619–2629.

4. Chai S. Y., Kim Y. J., Lee W. I. Photocatalytic $WO_3$/$TiO_2$ nanoparticles working under visible light // Journal of Electroceramic. – 2006. – V. 17. – № 2–4. – P. 909–912.

5. Li X.Z., Li F.B., Yang C.L., Ge W.K. Photocatalytic activity of $WO_x$-$TiO_2$ under visible light irradiation // Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. – 2001. – V. 141. – P. 209–217.

6. Yang H., Shi R., Zhang K., Hu Y., Tang A., Li X. Synthesis of $WO_3$/$TiO_2$ nanocomposites via sol-gel method // Journal of Alloys and Compounds. – 2005. – V. 398. – Iss. 1–2. – P. 200–202.

7. H. Yang, D. Zhang, L. Wang, Synthesis and characterization of tungsten oxide-doped titania nanocrystallites // Materials Letters. – 2002. – V. 57. – Iss. 3. – P. 674–678.

8. Ke D., Liu H., Peng T., Liu X., Dai K. Preparation and photocatalytic activity of $WO_3$/$TiO_2$ nanocomposite particles // Materials Letters. – 2008. – V. 62. – № 3. – P. 447–450.

9. Puddu V., Mokaya R., Puma G. Novel one step hydrothermal synthesis of $TiO_2$/$WO_3$ nanocomposites with enhanced photocatalytic activity // Chemical Communications. – 2007. – P. 4749–4751.

10. Шаповалов В.И., Лапшин А.Е., Комлев А.Е., Арсентьев М.Ю., Комлев А.А. Кристаллизация и термохромизм в отожженных гетероструктурах, содержащих пленки оксидов титана и вольфрама // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83. – Вып. 9. – С. 73–82.

11. Pan J.H., Lee W.I. Preparation of Highly Ordered Cubic Mesoporous $WO_3$/$TiO_2$ Films and Their Photocatalytic Properties // Chem. Mater. – 2006. – V. 18. – P. 847–853.

12. Paramasivam I., Nah Y.-C., Das C., Shrestha N.K., Schmuki P. $WO_3$/$TiO_2$ Nanotubes with Strongly Enhanced Photocatalytic Activity // Chemistry – A European Journal. – 2010. – V. 16. – Iss. 30. – P. 8993–8997.

13. Tryba B., Piszcz M., Morawski A.W. Photocatalytic Activity of $TiO_2$-$WO_3$ Composites // International Journal of Photoenergy. – 2009. – P. ID 297319.

14. Кортюм Г., Браун В., Герцог Г. Принципы и методика измерения в спектроскопии диффузного отражения // УФН. – 1965. – Т. 85. – Вып. 2. – С. 365–380.

15. Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников. – М.: Наука, – 1977. – 368 с.

УДК 621.794.4

# ПОВЫШЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЕВ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ РЕЗИСТОРОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ИОННО-ЛУЧЕВЫМ МОДИФИЦИРОВАНИЕМ

**Родионов И.В., Перинский В.В., Перинская И.В., Куц Л.Е.**

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, e-mail: kuts70@yandex.ru*

Исследовано влияние облучения ионами гелия с ускоряющим напряжением 30–150 кВ и дозой 1,2–1,4 мкКл/см$^2$ для формирования областей изоляции и повторного внедрения ионов гелия с ускоряющим напряжением 30–150 кВ и дозой 6–12 мкКл/см$^2$ для получения электрически изолированных резисторов ИС СВЧ на арсениде галлия. Экспериментально получены зависимости сопротивления эпитаксиального арсенида галлия от ускоряющего напряжения ионов гелия, подтверждающие модель Линхарда – Шарфа – Шиотта для внедрения легких ионов, режимы ионно-лучевого ($He^+$) модифицирования арсенида галлия для создания локальных изолирующих областей резисторов. Установленный режим ионно-лучевого модифицирования положен в основу технологии изготовления электрически изолированных резисторов с повышенной термостабильностью и необходимым пробивным напряжением локальных изолирующих слоев эпитаксиального арсенида галлия, что расширяет возможности при проектировании микросхем.

**Ключевые слова: ионно-лучевое модифицирование, электрически изолированный резистор, термостабильность, пробивное напряжение**

# IMPROVEMENT OF ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF ARSENIDE GALLIUM LAYERS OF THE RESISTORS OF INTEGRATED SCHEMES BY ION-RADIATION MODIFICATION

**Rodionov I.V., Perinskiy V.V., Perinskaya I.V., Kuts L.E.**

*Saratov Yuri Gagarin State Technical University, Saratov, e-mail: kuts70@yandex.ru*

Radiation influence by helium ions with acceleration voltage of 30–150 kV and a dose 1,2–1,4 mkKl/cm$^2$ for formation of areas of insulation and repeated implementation of ions of helium with acceleration voltage of 30–150 kV and a dose 6–12 mkKl/cm$^2$ for receiving electrically the very high frequencies integrated circuits isolated resistors on gallium arsenide is probed. The dependences of the resistance of epitaxial gallium arsenide on the accelerating voltage of helium ions, confirming the Linhard-Scharf-Schiot model for the introduction of light ions, the modes of ion-beam ($He^+$) modification of gallium arsenide to create local isolating regions of resistors are obtained experimentally.The set mode of ion-ray modifying is the basis for manufacturing techniques electrically of isolated resistors with the increased heat stability and necessary puncture voltage of local insulation layers of epitaxial arsenide of gallium that expands opportunities in case of design of chips.

**Keywords: ion-ray modifying, electrically isolated resistor, heat stability, puncture voltage**

Важнейшим материалом микрокомпонентов монолитно-интегральных схем СВЧ является эпитаксиальный арсенид галлия (GaAs) с заданными электрофизическими характеристиками, одним из способов контролируемого создания которых является ионно-лучевое модифицирование (ИЛМ) [1, 2].

ИЛМ предъявляет многочисленные требования к параметрам эпитаксиального GaAs, непосредственно влияющим на электрофизические характеристики и морфологию полученных структур, на выполнение операций литографии и травления. К таким требованиям относятся: обработка поверхности пластин (не хуже 14 класса); поверхностная плотность точечных дефектов и дислокаций (менее $10^2$ см$^{-2}$); поверхностная плотность органических загрязнений (менее $10^{-9}$ г/см$^2$).

Особое место в характеристике эпитаксиального GaAs занимают параметры, определяемые примесным составом кристалла: удельное сопротивление (ρ), разброс ρ по площади пластины, стабильность ρ при термической и радиационной обработке, коэффициенты диффузии основных и фоновых примесей, степень перекомпенсации материала. Значения этих параметров зависят от методов изготовления GaAs. Исходный низкоомный GaAs с мелкими, частично компенсированными примесями может быть переведен в полуизолирующее состояние различными способами (рис. 1). Во-первых, возможна непосредственная компенсация мелких доноров путем введения глубоких акцепторных центров с концентрацией $N_{АА} > N_Д - N_А$($N_{АА}$,$N_Д$,$N_А$ соответственно концентрации глубокого акцептора, мелкого донора).

При этом образуется материал с дырочной проводимостью. Во-вторых, возможна дальнейшая перекомпенсация глубокого ак-

цептора глубоким донорным уровнем $N_{ДД}$ в соотношении

$$N_{ДД} + N_{Д} \succ N_{АА} + N_{А} \succ N_{Д}.$$

Особенность этого случая заключается не только в формировании высокоомного материала с электронной проводимостью, но и в большей температурной стабильности ρ, так как уровень Ферми $E_f$ локализуется в энергетическом интервале $E_{АА} < E_f < E_{ДД}$.

На рис. 1 представлена также схема получения полуизолирующего GaAs с инверсным расположением глубоких, уровней (акцепторный уровень расположен выше энергии ионизации донора), соответствующим энергетическим параметрам примесей кислорода и хрома – глубоких примесей, наиболее часто применяемых при изготовлении полуизолирующего GaAs. С хромом связывают глубокий акцепторный уровень $E_{АА}$ + 0,69 эВ, либо $E_{АА}$ + 0,79 эВ, кислороду приписывается донорный уровень $E_{ДД}$ – 0,75 эВ. Оптимальным является соотношение

$$N_{ДД} \sim N_{АА} + N_{А} - N_{Д}, N_{АА} \geq N_{Д} - N_{А}.$$

Для рассмотренной схемы с определенными допусками можно считать, что концентрация электронов, поставляемых в зону проводимости с глубокого донорного уровня, равна

$$\Delta n \sim \Delta N_{ДД} \exp\left(-\frac{E_{ДД}}{K_o T}\right),$$

$$\Delta N_{ДД} \sim N_{ДД} - К_{П} N_{Д},$$

$$К_{П} = \left(N_{АА} + N_{А} - N_{Д}\right) / N_{Д},$$

где $К_{п}$ – степень перекомпенсации.

Так как $\rho \sim (\Delta n)^{-1}$, для получения максимального удельного сопротивления необходимо увеличивать энергию ионизации доноров и уменьшать некомпенсированную долю примесей. При этом всегда выполняется соотношение $n + p > 2ni$ и, вообще, ρ собственного полупроводника является теоретическим пределом ρ компенсированного полупроводника. Повышение ρ за счет снижения подвижности электронов (μ), как правило, нежелательно. Воспроизводимость параметров при раздельном легировании донорными и акцепторными примесями практически невозможна из-за неточной дозировки лигатуры, различной сегрегации и – перераспределения примесей, но может быть достигнута при легировании соединениями стехиометрического состава с компонентами, проявляющими донорную и акцепторную электрическую активность с большими энергиями ионизации.

Отличительная особенность ионного легирования – возможность легирования объекта любыми (без ограничений) элементами, в том числе не имеющих растворимость в материале данного объекта. Именно это обстоятельство и способствовало широкому применению принципов ионной модификации структуры с целью управления химическими, физическими и механическими свойствами.

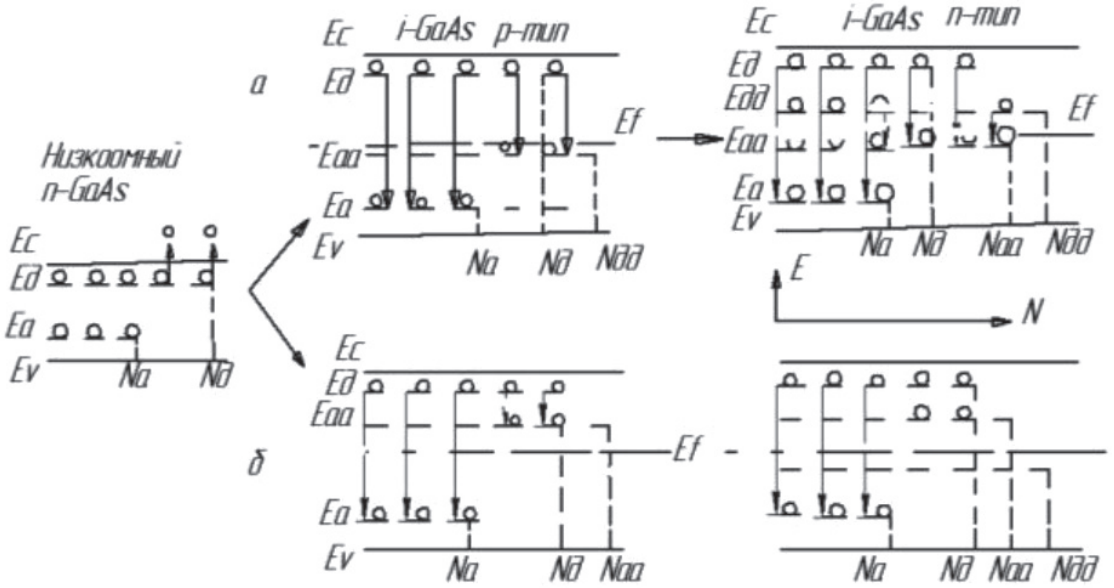



*Рис. 1. Схема перевода n GaAs в полуизолирующий n-GaAs: прямое (а), инверсное (б): - – нейтральная примесь, – • ионизированный акцептор, ◦ – ионизированный донор*

С целью изменения физико-механических свойств твердых тел используют облучение одного объекта несколькими типами ионов в различных их сочетаниях и последовательности в зависимости от целей ионной модификации. Так, для изменения физических свойств полупроводников используют последовательное облучение ионами инертного газа и соответствующих легирующих ионов [3, 4]. При этом выбор ионов инертного газа обусловлен необходимостью увеличить только количество радиационных дефектов при условии нейтральности самого иона к изменению физического свойства облучаемого полупроводника и отсутствия его химического взаимодействия, как с атомами полупроводника, так и с легирующими атомами. То есть основной недостаток в аналогичных способах облучения это то, что сами ионы инертного газа не используются для модификации свойств полупроводников. Также недостатками используемых способов ионного легирования являются: необходимость большого времени облучения для достижения заданных доз облучения при номинальных потоках ионов; высокие температуры ($> 0{,}5T_{плав}$) облучения или послерадиационного отжига, необходимые для формирования заданных по размеру и плотности дискретных выделений вторичной фазы; большая дисперсия выделений по размерам из-за флуктуационного механизма их одновременного зарождения и роста; невозможность обеспечить условия формирования строго заданного наномикронного размера и высокой объемной плотности выделений; трудности получения некогерентных (с резкой межфазной границей) выделений нанометрического размера в кристаллической решетке облучаемого объекта [5].

Наиболее удобными с практической точки зрения реализации предлагаемого способа являются атомы гелия ($He^+$). Источники ионов $He^+$ обладают высоким уровнем потока частиц, что позволяет эффективно за короткие времена достигать требуемых высоких (1–10 ат.%) концентраций атомов гелия в облучаемом объеме объекта. Более того, ионы $He^+$ обладают большим проективным пробегом, что обеспечивает его внедрение в облучаемый объект на большие глубины.

Известно [6], что гелиевые поры в твердых телах могут зарождаться и расти даже при комнатной температуре облучения. При этом они формируют ансамбль пор с высокой ($> 10^{17}$ см$^{-3}$ ) плотностью и размерами в интервале 1–2 нм. При определенных условиях облучения они формируют в облучаемой матрице материала упорядоченную сверхрешетку нанопор, что обеспечивает их максимально возможную объемную плотность при минимальных размерах. В работах В.Ф. Реутова и С.Н. Дмитриева [5, 7] экспериментально было показано, что атомы гелия стимулируют перераспределение легирующих элементов в решетке материала, инициируют образование выделений, способствуют синтезу фаз, например нитрида бора, а их скопления в виде гелиевых пор эффективно геттерируют легирующие элементы.

Недостатками существующих резисторов ИС СВЧ на GaAs являются низкая термическая стабильность изготавливаемых резистивных слоев и недостаточное пробивное напряжение локальных изолирующих областей.

Цель работы заключалась в экспериментальной оптимизации режимов облучения ионами гелия, определении ускоряющего напряжения и дозы для формирования локальных областей изоляции и получения электрически изолированных резисторов в составе ИС СВЧ.

## Материалы и методы исследования

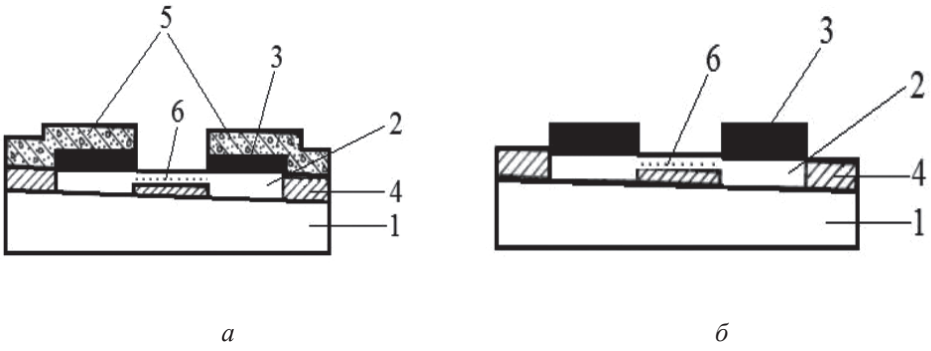
Образцы представляли собой эпитаксиальные структуры арсенида галлия с толщиной эпитаксиального слоя 0,3÷0,4 мкм и концентрацией электронов $2 \cdot 10^{16}$см$^{-3}$. Контактные площадки изготавливались методом вакуумного напыления алюминия толщиной 0,3 мкм с последующей фотолитографией по стандартной методике. Изолирующие области между контактными площадками создавались внедрением ионов гелия ($He^+$) на установке ионного легирования типа «Везувий» в диапазоне ускоряющего напряжения $U_{уск}$ = 30–150 кВ и доз Ф = 1,2–1,4 мкКл/см$^2$.

## Результаты исследования и их обсуждение

Области резисторов выделялись формированием окон в фоторезистивной маске из ФП-383 толщиной 1 мкм и затем повторно внедрялись ионы гелия ($He^+$) с ускоряющим напряжением $U_{уск}$ = 30–150 кВ и дозой Ф = 1,2–1,4 мкКл/см$^2$ (рис. 2).

В результате получены резисторы с сопротивлением R = 320 Ом-380 Ом электрически изолированные от других резисторов в плоскости эпитаксиальной структуры слоем с удельным сопротивлением $10^6$ Ом·см (рис. 3).

Экспериментально полученные зависимости сопротивления эпитаксиального арсенида галлия от ускоряющего напряжения ионов гелия приведены на рис. 4 и подтверждают модель Линхарда – Шарфа – Шиотта (ЛШШ) для внедрения легких ионов (для них электронное торможение является преобладающим процессом, если $U_{уск}$ в пределах 300 кВ).




*а* *б*

*Рис. 2. Эпитаксиальная структура арсенида галлия после формирования окон в фоторезистивной маске (а) и повторного внедрения ионов гелия (б), образующих собственно резисторы: 1 – полуизолирующая подложка; 2 – эпитаксиальный слой арсенида галлия; 3 – контактные площадки; 4 – области изоляции после внедрения ионов гелия; 5 – фоторезистивная маска; 6 – резистор, образованный после повторного внедрения ионов гелия*

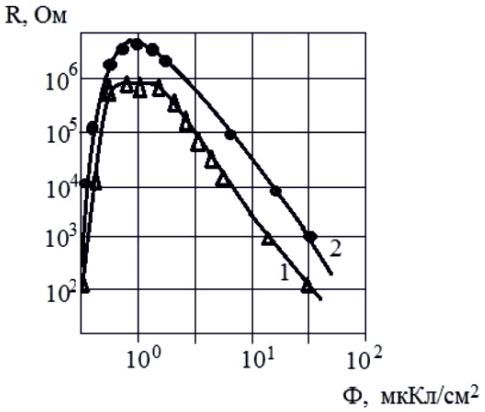



*Рис. 3. Зависимость электрического сопротивления эпитаксиального слоя арсенида галлия от дозы внедренных ионов гелия с ускоряющим напряжением:*
**Δ –** $U_{уск}$ *= 30 кВ;* **●** *–* $U_{уск}$ *= 150 кВ*

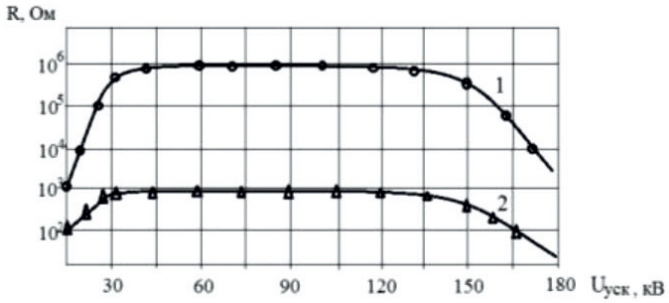



*Рис. 4. Зависимость сопротивления от ускоряющего напряжения ионов гелия:*
**o –** *область изоляции (Ф = 1,2 мкКл/см²);*
**Δ –** *собственно сопротивление (Ф = 6 мкКл/см²)*

Зная характер распределения вводимых облучением дефектов [1, 4], а также зависимость толщины нарушенного слоя от дозы ионов гелия (рис. 5), определены условия, при которых в ограниченной по горизонтали области эпитаксиальной структуры арсенида галлия образуется слой с высокой плотностью радиационных дефектов.

Экспериментально полученные режимы ИЛМ арсенида галлия ионами гелия для создания локальных изолирующих областей резисторов

| Режимы внедрения ионов гелия | | | | Величина электрического сопротивления* |
|---|---|---|---|---|
| для создания изолирующих областей | | для получения резисторов | | |
| Ф, мкКл/см$^2$ | $U_{уск}$, кВ | Ф, мкКл/см$^2$ | $U_{уск}$, кВ | R, Ом |
| 1,2 | 30 | 2 | 30 | $5{,}5\cdot10^5$ |
| 1,2 | 30 | 4 | 30 | $9\cdot10^3$ |
| 1,2 | 30 | 6 | 30 | 360 |
| 1,2 | 30 | 8 | 30 | 320 |
| 1,2 | 30 | 3 | 150 | $8\cdot10^5$ |
| 1,2 | 30 | 6 | 150 | $1\cdot10^4$ |
| 1,2 | 30 | 9 | 150 | 400 |
| 1,2 | 30 | 12 | 150 | 380 |
| 1,2 | 30 | 15 | 150 | 50 |

Примечание. *среднее значение номинала сопротивления; усреднение проведено для каждого режима по группе из 50 резисторов; разброс номинала по каждой группе не превышает ± 3 %.

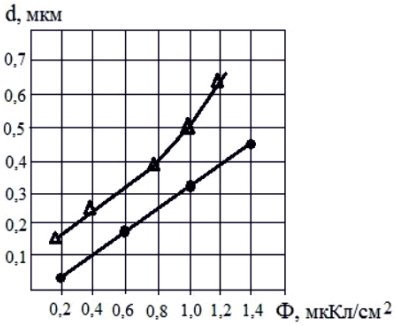
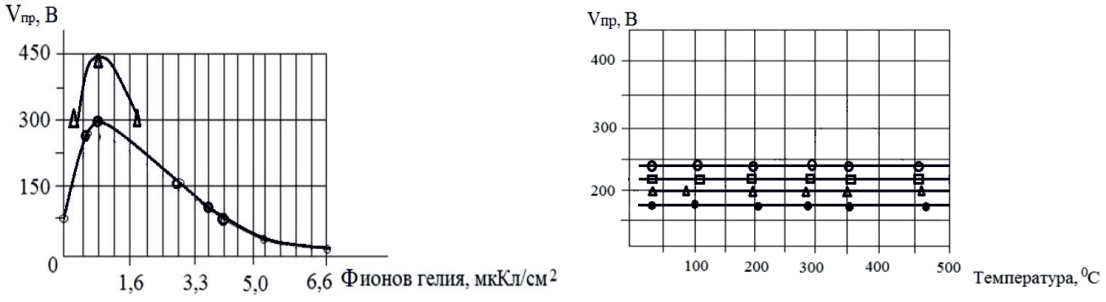



*Рис. 5. Зависимость толщины нарушенного слоя от дозы ионов гелия: Δ – $U_{уск}$ = 150 кВ; ● – $U_{уск}$ = 30 кВ*

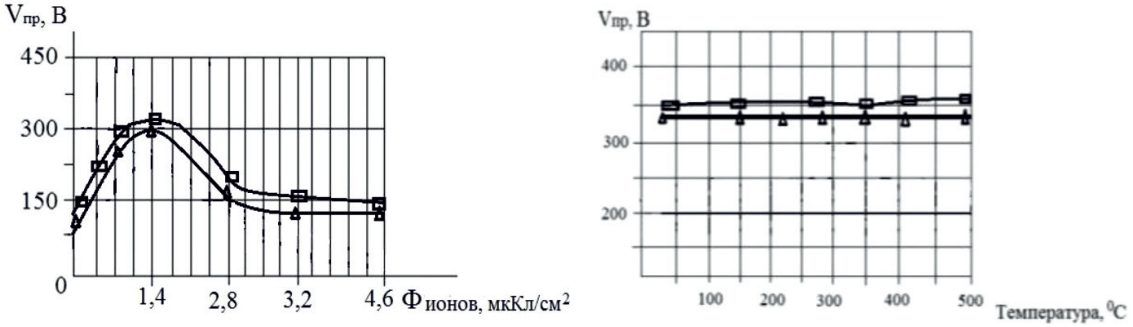



*а* *б*

*Рис. 6. а – зависимость пробивного напряжения ($V_{пр}$) изолирующего слоя от дозы (Ф) ионов гелия: о – $U_{уск}$ = 30 кВ, ток утечки $I_{ут}$ = 10 мкА, без дополнительной термообработки; Δ – $U_{уск}$ = 30 кВ, ток утечки $I_{ут}$ = 10 мкА, термообработка +300 °С; б – зависимость пробивного напряжения ($V_{пр}$) резисторов от температуры отжига (время отжига 60 мин):Δ – $U_{уск}$ = 30 кВ, Ф = 8 мкКл/см$^2$; ● – $U_{уск}$ = 30 кВ, Ф = 12 мкКл/см$^2$; о – $U_{уск}$ = 150 кВ, Ф = 8 мкКл/см$^2$; □ – $U_{уск}$ = 150 кВ, Ф = 12 мкКл/см$^2$*

Методом измерения вольт-фарадных характеристик и емкостной переходной спектроскопии имплантированных ионами гелия слоев GaAs найдены четыре ловушки электронов с энергией активации 0,79; 0,65; 0,32; 0,27 эВ, причем два наиболее глубоких центра доминируют при высоких дозах облучения 8–12 мкКл /см$^2$.

Результаты экспериментов по влиянию дозы ионов и температурной обработки на параметры изолирующих областей резисторов представлены на рис. 6.




*а* *б*

*Рис. 7. а – зависимость пробивного напряжения ($V_{пр}$) изолирующего слоя от дозы: Δ – ионов гелия ($He^+$); $U_{уск}$ = 30 кВ; ток утечки $I_{ут}$ = 10 мкА; □ – ионов гелия ($He^+$); $U_{уск}$ = 150 кВ; ток утечки $I_{ут}$ = 10 мкА; б – зависимость пробивного напряжения ($V_{пр}$) резисторов, изготовленных: Δ – облучением ионами гелия; $U_{уск}$ = 30 кВ; Ф = 12 мкКл/см$^2$ от температуры отжига (время отжига 60 мин); □ – облучением ионами гелия; $U_{уск}$ = 150 кВ; Ф = 12 мкКл/см$^2$ от температуры отжига (время отжига 60 мин)*

Заметное возрастание пробивного напряжения областей арсенида галлия, подвергнутого имплантации ионов гелия, наблюдается при дозе ионов выше 0,4 мкКл/см$^2$. В интервале 0,2–0,8 мкКл/см$^2$ происходит монотонное увеличение $V_{пр}$ от исходного значения до 300 В (в зависимости от исходных параметров эпитаксиального слоя). В области $Ф \geq 1,2–1,4$ мкКл/см$^2$ наклон дозовой зависимости уменьшается, зависимость стремится к насыщению с абсолютным значением сопротивления изолирующих областей $5\times10^5–10^6$ Ом (рис. 3, б).

Как следует из данных рис. 6, б, параметры полученных имплантацией ионов гелия изолирующих слоев термостабильны до температуры ~500 °С и практически не изменяются после часового отжига. При температуре 300 °С термообработка значительно увеличивает пробивное напряжение изолирующих областей арсенида галлия. Уместно предположить, что низкотемпературный отжиг приводит к распаду нестабильных радиационных нарушений, отжигу и миграции быстро диффундирующих дефектов на стоки.

Зависимость сопротивления и пробивного напряжения от дозы ионов гелия (рис. 7) позволяет предположить отжиг некоторых центров в запрещенной зоне арсенида галлия либо их комплексообразование.

Таким образом, исследовано влияние облучения ионами гелия с ускоряющим напряжением 30–150 кВ и дозой 1,2–1,4 мкКл/см$^2$ для формирования областей локальной изоляции и повторного внедрения ионов гелия с ускоряющим напряжением 30–150 кВ и дозой 6–12 мкКл/см$^2$ для получения электрически изолированных резисторов.

## Заключение

Установленные режимы ионно-лучевого модифицирования положены в основу технологии изготовления электрически изолированных резисторов микросхем на арсениде галлия с высокой термостабильностью (до 500 °С) и высоким пробивным напряжением (до 450 В) изолирующих слоев арсенида галлия, что расширяет возможности при проектировании микросхем.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания образовательным организациям высшего образования, подведомственным Минобрнауки РФ (проект № 11.1943.2017/ПЧ).*

## Список литературы

1. Перинская И.В. Ионно-лучевое конструирование материалов СВЧ микроэлектроники / И.В. Перинская, И.В. Родионов, В.В. Перинский. – Саратов: ИЦ «Наука», 2016. – 244 с.

2. Перинская И.В. Ионно-лучевая нанотехнология и компоненты СВЧ устройств / И.В. Перинская, В.Н. Лясников, В.В. Перинский. – Саратов: ИЦ «Наука», 2012. – 142 с.

3. Komarov F., Kamyshan A., Mironov A.M., Lagutin A.E., Martynov I.S. Formation of device isolation in GaAs with polyenergetic ion implantation // Vacuum. – 2001. – vol. 63. – P. 577–579.

4. Ардышев М.В., Ардышев В.М., Крючков Ю.Ю. Накопление радиационных дефектов в арсениде галлия при импульсном и непрерывном облучении ионами // Физика и техника полупроводников. – 2005. – Т. 39. – Вып. 3. – С. 313–315.

5. Реутов В.И. Формирование наноразмерных фаз в твердых телах при облучении многокомпонентными пучками ионов / В.И Реутов, П.В. Горшков, Г.Г. Бондаренко, В.Ф. Реутов, В.Н. Логинов // Концентрированные потоки энергии в космической технике, электронике, экологии и медицине: труды VIII Межвузовской научной школы молодых специалистов (19–20 ноября 2007г., г. Москва). – М.: Московский государственный университет, НИИЯФ МГУ, 2007. – С. 24–26.

6. Козловский В.В., Козлов В.А., Ломасов В.Н. Модифицирование полупроводников пучками протонов / В.В. Козловский, В.А. Козлов, В.Н. Ломасов // Физика и техника полупроводников. – 2000. – Т. 34. – Вып. 10. – С. 22–28.

7. Пат. 2193080 Российская Федерация, МПК C30B31/22, H01L21/265. Способ ионного легирования твердых тел / Реутов В.Ф., Дмитриев С.Н.; заявитель и патентообладатель Объединенный институт ядерных исследований. – заявл.05.04.2000; опубл. 20.11.2002. Бюл. № 32. – 3 с.

УДК 004.9:338.2

# ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОММЕРЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РАСЧЕТА КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

**Ромашкова О.Н., Фролов П.А.**

*ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», Москва, e-mail: paul_frolov@rambler.ru*

Рассматриваются деятельность и эффективное управление коммерческими организациями, связанные с расчетом и анализом финансовых результатов. Актуальность работы обусловлена тем, что в настоящее время задача автоматизации расчета ключевых показателей эффективности в управлении коммерческой организацией не решена. Целью работы является выявление способов улучшения технологии расчета ключевых показателей эффективности. С использованием инструментальных средств автоматизированного анализа и проектирования информационных систем создаются модели бизнес-процессов, позволяющие реализовать механизмы расчета ключевых показателей эффективности в коммерческой организации. На основе вышеупомянутых моделей бизнес-процессов разрабатывается модель базы данных, используемых при расчете ключевых показателей эффективности. По результатам применения такой модели предложен вариант реализации прототипа информационной системы, отвечающего требованиям конкретной организации к анализу результатов расчета ключевых показателей эффективности. Предложенная технология снижает вероятность ошибок расчета ключевых показателей эффективности за отчетный период и переноса их в электронные расчетные ведомости, а также автоматизирует расчет ключевых показателей, что повышает производительность структурных подразделений коммерческой организации.

**Ключевые слова: управление коммерческой организацией, ключевые показатели эффективности, модель бизнес-процессов, модель базы данных, информационная система, финансовые результаты, деятельность коммерческой организации, автоматизированный расчет**

# EFFECTIVE MANAGEMENT OF A COMMERCIAL ORGANIZATION WITH THE USE OF THE TECHNOLOGY OF CALCULATION OF KEY PERFORMANCE INDICATORS

**Romashkova O.N., Frolov P.A.**

*The State Educational Government-Financed Institution of Higher Professional Education of the City of Moscow «Moscow City Teacher Training University», Moscow, e-mail: paul_frolov@rambler.ru*

The activities and effective management of commercial organizations are explored. The aim of the research is exploring ways to improve the technology of calculation of key performance indicators. The relevance of the research caused by lack of solution of the problem of automated calculation of key performance indicators in management of commercial organization .With the use of CASE-tools in modeling and analysis of business processes process models of activities of commercial organizations are constructed, database models for the calculation of key performance indicators of commercial companies are created. As a result, a model of database is developed, able to be used in calculation of key performance indicators. With the use of the model of database, a prototype of information system is developed, which meets the requirement of a particular commercial organization for the analysis of calculation of key performance indicators. The technology offered decreases the possibility of mistakes in key performance indicators calculation and their transit into paysheets, and also automates the calculation of key performance indicators, which increases the performance of subdivisions of commercial organization.

**Keywords: management of commercial organization, key performance indicators, database model, information system, financial results, activities of commercial organization, automated calculation**

За последние 20–25 лет в экономике резко выросло значение человеческого капитала. Данное понятие был впервые использовано в 1961 г. Теодором Шульцом, а в 1965 г. эффективность вложений в человеческий капитал была обоснована экономистом Гэри Стэнли Беккером, за что он в 1992 г. был удостоен Нобелевской премии по экономике. Под человеческим капиталом понимаются следующие качества, присущие сотрудникам компаний – интеллект, здоровье, знания, умение качественно и производительно трудиться. В широком смысле человеческий капитал – это необходимый фактор для интенсивного производства, один из наиглавнейших факторов экономического развития, развития общества. Человеческий капитал также является главным фактором формирования инновационной экономики и экономики знаний, которые являются следующим этапом развития экономики в целом.

Однако, хотя организация и заинтересована в том, чтобы пользоваться преимуществами человеческого капитала, необходимо использовать систему, которая позволила бы максимально использовать интеллект, умения и знания сотрудников на благо ор-

ганизации. Данной системой является система управления по целям (Management By Objectives, MBO). Ее задачей является кооперативный процесс определения целей, выбора направлений действий и принятия решений. Для максимального использования человеческого капитала необходимо вовлечь сотрудников в процесс постановки целей и определения направления действий, которые должны быть достигнуты – тогда сотрудники будут наиболее мотивированы на выполнение своих обязанностей [1].

Для наибольшей мотивации сотрудников необходимо, чтобы система мотивации персонала соответствовала следующим критериям:

1. Переменная часть зарплаты должна зависеть от достижения тех целей, которые ставятся перед сотрудниками.

2. Цели, от которых зависит переменная часть зарплаты, должны соответствовать следующим критериям:

1) быть конкретными;

2) быть измеримыми;

3) быть достижимыми;

4) быть обоснованными и последовательными;

5) иметь четкие сроки выполнения.

Данные условия в научной литературе называются SMART.

1. Цели должны устанавливаться сверху вниз, для всех уровней организации, при этом цели на нижних уровнях должны отражать стратегию для организации в целом.

2. Количество целей для подразделения должно быть оптимальным (от 3 до 5), чтобы сотрудники могли максимально сконцентрироваться на их выполнении, а не распыляли внимание на множество задач.

3. Регулярно должна производиться оценка результатов деятельности, которая позволяет оценить полученные за отчетный период результаты и, при необходимости, скорректировать их, в зависимости от возникших обстоятельств.

Для всех вышеуказанных параметров подходит система ключевых показателей эффективности.

В результате исследования деятельности коммерческой организации авторами были созданы модели ее бизнес-процессов в рамках расчета КПЭ в нотациях IDEF0 и IDEF3, модели базы данных в нотации IDEF1X, а также прототип информационной системы расчета ключевых показателей рентабельности на базе платформы Microsoft Excel.

**Цель исследования**

Вышеуказанные модели, а также прототип рабочего документа были созданы в соответствии с целью исследования – разработкой технологии расчета ключевых показателей эффективности в коммерческой организации.

Ключевые показатели эффективности являются одним из важнейших звеньев в цепи управления по целям, поскольку позволяют проконтролировать ход деятельности отдельных структурных подразделений коммерческой организации, скорректировать их деятельность в случае значительных отклонений, а также мотивировать сотрудников отличившихся подразделений коммерческой организации.

В качестве ключевых показателей эффективности используются следующие показатели деятельности коммерческой организации (таблица).

Ключевые показатели деятельности коммерческой организации

| Наименование показателя | Формула |
|---|---|
| EBIT (Прибыль до уплаты процентов и налогов) | Доходы от продаж – Расходы от операционной деятельности |
| ROTA (Рентабельность совокупных активов) | $\frac{\text{EBIT}}{\text{Совокупные активы}}$ |
| ROE (Рентабельность собственного капитала) | $\frac{\text{EAT}}{\text{Собственный капитал}}$ |
| EAT (Прибыль после выплаты налогов) | EBIT – Проценты – Налоги |
| Коэффициент быстрой ликвидности | $\frac{\text{Текущие активы} - \text{Запасы}}{\text{Текущие обязательства}}$ |
| Коэффициент оборачиваемости рабочего капитала | $\frac{\text{Текущие активы} - \text{Текущие обязательства}}{\text{Доходы от продаж}}$ |

Вышеуказанные показатели были выбраны в связи с тем, что:

● данные показатели могут использоваться как при премировании топ-менеджеров, так и для комплексного анализа и управления состоянием коммерческой организацией;

● данные показатели могут быть легко масштабированы на подразделения компании – например, одной из составных частей показателя EBIT является показатель Доходов от продаж, который может быть разбит на несколько показателей по направлениям деятельности коммерческой организации – доходов от продаж материалов, доходов от продаж оборудования и т.д. После чего эти показатели могут быть назначены ответственным подразделениям в рамках их зоны ответственности, а показатель EBIT для данных подразделений будет интегральным, поскольку учитывает результаты сразу нескольких ключевых показателей эффективности.

После расчета фактических значений вышеуказанных ключевых показателей эффективности за отчетный период полученные результаты сравниваются либо с плановыми, либо с нормативными значениями, что позволяет использовать результаты сравнения в качестве данных для премирования сотрудников.

Авторами была разработана информационная система на базе модели бизнес-процессов определения ключевых показателей эффективности на примере коммерческой организации ЗАО «Барнсли Импорт». Модель бизнес-процессов определения ключевых показателей эффективности разработана с применением CA ERWin Process & Data Modeler [2, 4].

CA ERWin Process Modeler – это средство моделирования, позволяющее повысить эффективность сложных бизнес-процессов. Создаваемые модели процессов позволяют понять, каким образом осуществляется операционная деятельность коммерческой организации, а также о методах управления деятельностью и необходимых для этого ресурсов [3]. На рис. 1 представлена диаграмма декомпозиции задачи «Рассчитать показатели эффективности и прибыли ЗАО «Барнсли-Импорт» стандарта IDEF3.

Модель бизнес-процесса позволяет сконцентрироваться на значимой информации о взаимосвязях всех объектов процесса, в связи с чем модель бизнес-процесса упрощает понимание деятельности, ведомой организацией, чем по другим описаниям [5].

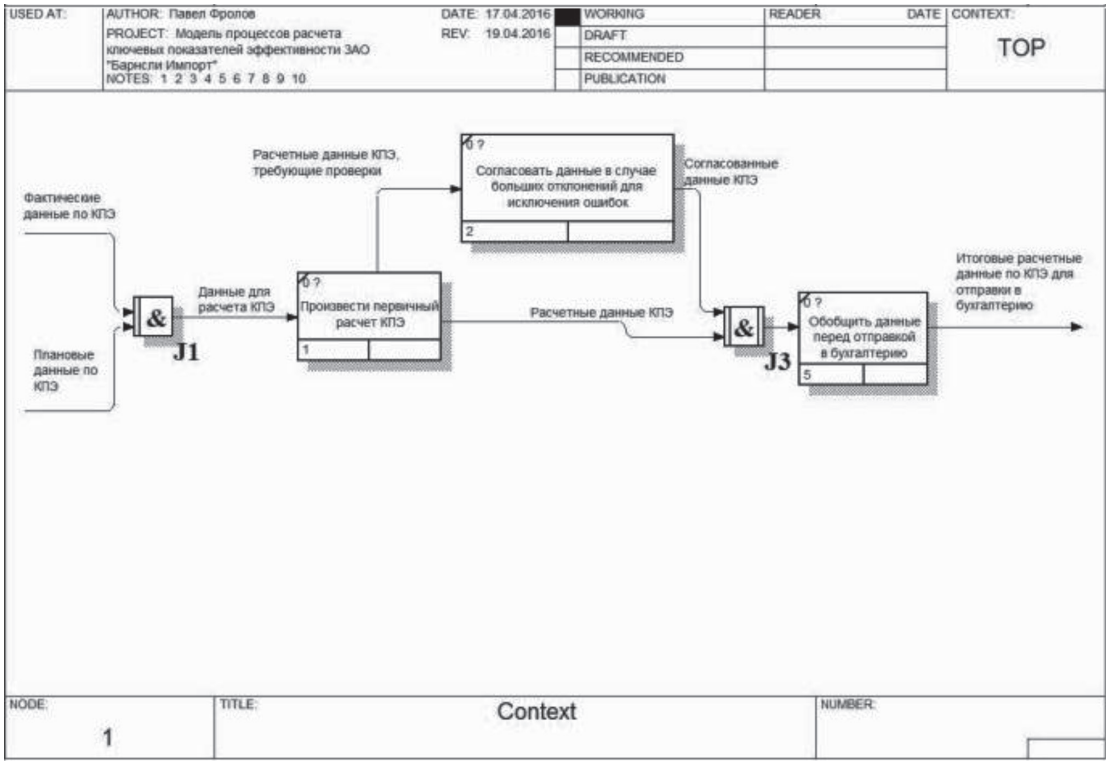



*Рис. 1. Диаграмма декомпозиции процессов расчета ключевых показателей эффективности в ЗАО «Барнсли Импорт»*

УТВЕРЖДАЮ
Начальник Отдела
ЗАО "Барнсли Импорт"
_____
"____"_____ 20__ г.

**Фактическое значение КПЭ №1**
**"EBIT (Прибыль до уплаты процентов и налогов)"**

| Год | 2016 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Месяц | январь | февраль | март | 1 квартал | апрель | май | июнь | 2 квартал | июль | август | сентябрь | 3 квартал | октябрь | ноябрь | декабрь | 4 квартал |
| EBIT | 105 409 | 218 975 | 331 485 | 331 485 | | | | | | | | | | | | |

**Плановое значение КПЭ №1**
**"EBIT (Прибыль до уплаты процентов и налогов)"**

| Год | 2016 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Месяц | январь | февраль | март | 1 квартал | апрель | май | июнь | 2 квартал | июль | август | сентябрь | 3 квартал | октябрь | ноябрь | декабрь | 4 квартал |
| EBIT | 110 000 | 220 000 | 330 000 | 330 000 | 490 000 | 650 000 | 800 000 | 800 000 | 970 000 | 1 140 000 | 1 300 000 | 1 300 000 | 1 450 000 | 1 650 000 | 1 900 000 | 1 900 000 |

*Рис. 2. Таблица для заполнения плановыми и фактическими значениями*

| № КПЭ | Наименование | Значение за март 2016 |
|---|---|---|
| 1 | EBIT (Прибыль до уплаты процентов и налогов) | 1,0045 |
| 2 | ROTA (Рентабельность совокупных активов) | 1,0357 |
| 3 | ROE (Рентабельность собственного капитала) | 1,1111 |
| 4 | EAT (Прибыль после выплаты налогов) | 0,9839 |
| 5 | Коэффициент быстрой ликвидности | 1,2000 |
| 6 | Коэффициент оборачиваемости рабочего капитала | 1,4000 |

*Рис. 3. Итоговая таблица для отправки значений ключевых показателей эффективности за отчетный период*

После разработки модели бизнес-процессов определения ключевых показателей эффективности на ее основе разрабатывается прототип информационной системы, которая позволяет осуществлять управление на основе определенных ключевых показателей эффективности. Поскольку данные задачи требуют быстрого обновления информации, а также в связи с относительно небольшим размером прототип информационной системы был разработан на базе программного продукта Microsoft Excel.

Сначала необходимо разработать таблицу для заполнения ответственным сотрудником подразделения компании, в которую будут вписаны плановые и фактические значения по определенному ключевому показателю эффективности (рис. 2).

Далее необходимо создать расчетную таблицу, которая будет использовать данные из присланных таблиц. Поскольку в процессе расчета могут быть обнаружены ошибки в заполнении исходных таблиц, необходимо использовать ссылки на них. Благодаря этому достаточно будет только заменить присланный файл (с сохранением его названия), и данные будут автоматически исправлены в расчетной таблице.

Следующим шагом является создание листа, на котором будут показаны итоговые значения ключевых показателей эффективности (рис. 3). Информация на данный лист будет заноситься путем использования функции ВПР. Функция ВПР позволяет вернуть значение искомого элемента, указанного в таблице. Готовый заполненный лист отправляется в бухгалтерию для дальнейшего расчета и премирования сотрудников организации.

## Выводы

Таким образом, на основе представленной модели бизнес-процесса определения ключевых показателей эффективности и прототипа информационной системы может быть создана информационная система,

позволяющая значительно облегчить управление в коммерческой организации. Такая система легко масштабируется, позволяя рассчитывать несколько сотен показателей, существенно уменьшая время предоставления данных по ключевым показателям эффективности в бухгалтерию организации и руководству.

Информационная система управления на основе ключевых показателей эффективности позволяет оптимизировать бизнес-процессы и оперативно определять ключевые показатели эффективности. Дополнительным преимуществом является хорошая масштабируемость данной системы, позволяющая охватывать (при необходимости) большое количество различных ключевых показателей эффективности в нескольких сферах деятельности коммерческой организации. Также подобная информационная система позволяет мотивировать сотрудников коммерческой организации, справедливо оценивая их трудозатраты, что является важным критерием для современных экономических систем, так как одной из тенденций в современном мире является увеличение роли человеческого потенциала. Кроме того, автоматизация увеличивает количество производителей знаний о состоянии коммерческой организации, в чем также проявляется тенденция современных экономических систем к информатизации общества.

Благодаря автоматизации управленческих процессов на основе определенных ключевых показателей эффективности у руководства организации, использующей систему подобных показателей, появятся дополнительные возможности мониторинга и анализа деятельности фирмы, а также появляется дополнительный механизм принятия решений. Появляется эффективная и объективная система оценки эффективности и качества работы структур коммерческой организации. Кроме этого, значительно увеличится мотивация сотрудников для выполнения и перевыполнения плановых заданий, что позволит фирме получить дополнительную прибыль и улучшить свои конкурентные преимущества в отрасли.

**Список литературы**

1. Марр Б. Ключевые показатели эффективности. 75 показателей, которые должен знать каждый менеджер. – М.: Изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – С. 12–17.

2. Федин Ф.О., Чискидов С.В., Павличева Е.Н. Разработка модели хранилища данных инновационного предприятия при высшем учебном заведении // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. – 2015. – № 1. – С. 100–109.

3. Чискидов С.В., Симаков А.И., Павличева Е.Н. Проблемы интеграции проектных решений инструментальных средств разработки информационных систем // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2016. – № 3 (37). – С. 98–103.

4. Ромашкова О.Н., Фролов П.А. Технология расчета показателей прибыли и рентабельности в коммерческой организации. // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 4–1. – С. 102–106.

5. Ромашкова О.Н., Маликова О.Н. Проблемы моделирования бизнес-процессов телекоммуникационных компаний // Всероссийский научно-технический журнал «Проектирование и технологии электронных средств». – 2010. – № 3. – С. 61–67.

УДК 004.7/.9:544.4

# ПРИМЕНЕНИЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССОВ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК ПОЛИАНИЛИНОМ

**Рухов А.В., Дьячкова Т.П., Аносова И.В.**

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, e-mail: anosowa_i_w@mail.ru*

В данной статье показана целесообразность использования термохимического подхода для изучения кинетики процесса модифицирования поверхности углеродных нанотрубок полианилином, а также поставлена задача экспериментального исследования кинетики данного процесса. Оценены значения кинетических коэффициентов – предэкспоненциального множителя и энергии активации константы скорости реакции модифицирования полианилином поверхности углеродных нанотрубок, а также удельный тепловой эффект протекающих процессов. Показано, что на кинетические коэффициенты оказывают влияние как морфологический тип углеродных нанотрубок, так и степень их предварительной функционализации карбоксильными группами. Предлагаемая методика позволила на основе информации о температуре реакционной смеси определить изменения концентрации анилина и массы полианилина в ходе реакции. Полученные результаты позволили подобрать полином, который наиболее точно описывает экспериментальные данные.

**Ключевые слова: модифицирование углеродных нанотрубок, полианилин, математическое моделирование, химическая кинетика**

# APPLICATION OF THE DECISION OF THE INVERSE PROBLEM OF MATHEMATICAL MODELING OF THE HEAT EXCHANGE PROCESS FOR STUDYING KINETICS OF THE PROCESSES OF MODIFICATION OF THE SURFACE OF CARBON NANOTUBES WITH POLYANINE

**Rukhov A.V., Dyachkova T.P., Anosova I.V.**

*Tambov State Technical University, Tambov, e-mail: anosowa_i_w@mail.ru*

In this article the expediency of using the thermochemical approach to study the kinetics of the process of surface modification of carbon nanotubes with polyaniline is shown, and also the task of experimental study of the kinetics of this process is set. The values of the kinetic coefficients (the pre-exponential factor and the activation energy of the reaction rate constant of the polyaniline modification of the surface of carbon nanotubes) and the specific thermal effect of the proceeding processes are estimated. It is shown that the kinetic coefficients are influenced both by the morphological type of carbon nanotubes and by the degree of their preliminary functionalization by carboxylic groups. The proposed procedure allowed to determine, on the basis of information on the temperature of the reaction mixture, the changes in the concentration of aniline and the weight of polyaniline during the reaction. The results obtained allowed us to choose a polynomial, which most accurately describes the experimental data.

**Keywords: modifying carbon nanotubes, polyaniline, math modeling, chemical kinetics**

Благодаря высокой удельной поверхности и электропроводности углеродные нанотрубки (УНТ) являются перспективным электродным материалом для использования в электрических двухслойных конденсаторах. Однако применение УНТ в данной области ограничивается их низкой удельной емкостью (менее 100 Ф/г) [1]. При этом известно, что сочетание УНТ с проводящими полимерами, например полианилином (ПАНИ), позволяет создавать гибридные материалы с улучшенными свойствами. Выбор ПАНИ для модифицирования поверхности УНТ обусловлен его свойствами: окислительно-восстановительными превращениями, электропроводностью, биосовместимостью, экологической стабильностью, низкой себестоимостью, простотой синтеза и доступностью исходных реагентов [2–4]. Кроме того, объединение этих материалов в композит ПАНИ/УНТ позволяет улучшить тепловые, электрические и механические свойства исходных компонентов, что открывает возможность их применения в датчиках, конденсаторах, электрохромных устройствах [5–6].

Показанная целесообразность получения и применения нового класса наноматериалов – композитов ПАНИ/УНТ – ставит задачу разработки опытно-промышленных и промышленных технологий их получения. Создание последних не представляется возможным без получения информации о количественных характеристиках процесса модифицирования поверхности УНТ полианилином, которые будут использованы при проектировании и расчете основного технологического оборудова-

ния. В связи с этим изучение закономерностей процесса модифицирования УНТ и определение кинетических коэффициентов является актуальной задачей.

## Материалы и методы исследования

Проведенный анализ методов исследования кинетики химических процессов в жидкой фазе показал, что наиболее достоверным и простым для реализации в лабораторной практике является термохимический. Данный метод основан на измерении теплового эффекта реакции и соотнесении его с массой полученного целевого продукта. В связи с высокой коррозионной активностью реагентов (растворы соляной кислоты и персульфата аммония) не представляется возможным использование стандартных методик и установок для измерения теплового эффекта химической реакции модифицирования УНТ. В то же время данное исследование можно осуществить в стеклянной емкости, оснащенной средством измерения температуры и перемешивающим устройством. Однако при данном способе эксперимента потребуется дополнительный учет потерь тепла химической реакции в окружающую среду, основанный на использовании методов математического моделирования процесса теплообмена.

Рассмотрим схему экспериментальной установки, представленную на рис. 1.

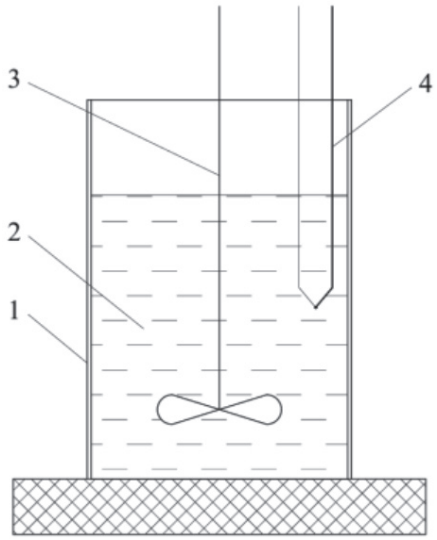



*Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования кинетики процесса модифицирования поверхности УНТ полианилином*

В стеклянную емкость 1 помещается реакционная масса 2, которая интенсивно перемешивается мешалкой 3, назначение которой заключается в обеспечении режима идеального смешения. Контроль температуры реакционной смеси осуществляется при помощи малоинерционной термопары 4.

Получение композита ПАНИ/УНТ осуществляли методом окислительной полимеризации анилина в присутствии УНТ. Для модифицирования были использованы карбоксилированные УНТ «Таунит-М» ($d$ = 4–8 нм, $S_{уд}$ = 300–320 м$^2$/г) и «Таунит-МД» ($d$ = 10–20 нм, $S_{уд}$ = 180–200 м$^2$/г). Степень функционализации ($S_f$) составляла 0,2–0,7 ммоль/г. Навеску УНТ распределяли в заданном объеме дистиллированной воды с использованием ультразвуковой установки. Далее к смеси приливали концентрированную соляную кислоту (х.ч.) в количестве, необходимом для начального pH = 1. При перемешивании приливали анилин и раствор персульфата аммония. С момента добавления окислителя фиксировалось изменение pH и температуры. Полученный композит был промыт дистиллированной водой до нейтрального значения pH, затем изопропиловым спиртом до исчезновения окраски фильтрата. Далее композит высушивали при температуре 80 °C.

Экзотермический тепловой эффект реакции полимеризации полианилина приводит к нестационарному нагреву реакционной массы и появлению теплового потока через стенку сосуда в окружающую среду. Уравнение теплового баланса для данного случая имеет вид

$$Q_р = Q_н + Q_п. \quad (1)$$

Рассмотрим составляющие теплового баланса (1). Тепло, выделяющееся в результате реакции полимеризации анилина за время $\Delta\tau$:

$$Q_р = j\,M\,\Delta\tau. \quad (2)$$

Тепло, идущее на нагрев реакционной смеси за время $\Delta\tau$:

$$Q_н = m_с c_с \left(t(\tau+\Delta\tau) - t(\tau)\right). \quad (3)$$

Тепловые потери в окружающую среду за время $\Delta\tau$:

$$Q_п = k\,F\,\Delta\tau\,\left(t(\tau) - t_{ос}\right), \quad (4)$$

где $j$ – удельный тепловой эффект химической реакции, Дж/кг; M – массовая производительность химической реакции по продукту, кг/с; $m_с$ – масса реакционной смеси, кг; $c_с$ – удельная теплоемкость реакционной смеси, Дж/(кг·К); $t$ – температура реакционной смеси, °C; $k$ – коэффициент теплопередачи, Вт/(м$^2$·К); $F$ – поверхность теплообмена с окружающей средой, м$^2$; $t_{ос}$ – температура окружающей среды, °C; $\Delta\tau$ – малая величина времени, с.

Для упрощения уравнения математической модели проведем замену:

$$t_1 = t - t_{ос}. \quad (5)$$

Подставив уравнения (2)–(4) в (1) с учетом выражения (5) и перегруппировав, получаем

$$\frac{t(\tau+\Delta\tau)-t(\tau)}{\Delta\tau} + \frac{k\,F}{m_с c_с}t(\tau) - \frac{j\,M}{m_с c_с} = 0. \quad (6)$$

Выполнив предельный переход, получим дифференциальное уравнение изменения температуры в реакционной массе:

$$\frac{dt(\tau)}{d\tau} + \frac{k\,F}{m_с c_с}t(\tau) = \frac{j\,M}{m_с c_с}. \quad (7)$$

Аналитическое решение уравнения (7) с учетом выражения (5) и начального условия $t(0) = 0$ имеет вид

$$t(\tau) = t_{ос} + \frac{j\,M}{k\,F}\left(1 - \exp\left[-\frac{k\,F}{m_с c_с}\tau\right]\right). \quad (8)$$

Величина коэффициента теплового эффекта химической реакции определяется с использованием следующего уравнения:

$$j = \frac{1}{m}\int_{\Delta\tau}^{\tau_к} \frac{k\,F\left(t(\tau)-t_{oc}\right)}{1-\exp\left[-\frac{kF}{m_c c_c}\tau\right]}d\tau, \quad (9)$$

где $m$ – масса полученного полианилина, кг, определяется после промывки полученного продукта методом взвешивания; $\tau_к$ – время эксперимента, с.

Таким образом, искомую кинетическую величину $M$ можно получить в результате решения обратной задачи математического моделирования теплообмена при модифицировании ПАНИ поверхности УНТ различной морфологии (уравнение (7)). Изменение массы полианилина ($m$) может быть рассчитано в результате интегрирования зависимости массовой производительности по времени с переменным пределом интегрирования:

$$m(\tau) = \frac{1}{j}\int_{\Delta\tau}^{\tau} \frac{k\,F\left(t(\tau)-t_{oc}\right)}{1-\exp\left[-\frac{kF}{m_c c_c}\tau\right]}d\tau. \quad (10)$$

Информация о кинетике процесса модификации ПАНИ поверхности УНТ позволяет оценить значения кинетических коэффициентов (предэкспоненциального множителя и энергии активации константы скорости реакции). Значение энергии активации определяется в результате линейной аппроксимации зависимостью вида $y = a$ уравнения:

$$E_A(\tau) = \frac{\ln\left(\frac{\left(1-\exp\left[-\frac{kF}{m_c c_c}(\tau+\Delta\tau)\right]\right)\left(t(\tau)-t_{oc}\right)\cdot c_a(\tau+\Delta\tau)}{\left(1-\exp\left[-\frac{kF}{m_c c_c}\tau\right]\right)\left(t(\tau+\Delta\tau)-t_{oc}\right)\cdot c_a(\tau)}\right)\cdot R}{\frac{1}{273+t(\tau+\Delta\tau)}-\frac{1}{273+t(\tau)}}, \quad (11)$$

$$c_a(\tau) = c_{a0} - \frac{m(\tau)}{m_c}, \quad (12)$$

где $R$ – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); $c_a$ – концентрация анилина в реакционной массе, кг/кг.

Соответственно, среднее значение энергии активации равно:

$$\overline{E_a} = \frac{1}{\tau_к-\tau_н}\int_{\tau_н}^{\tau_к} E_a(\tau)\,d\tau, \quad (13)$$

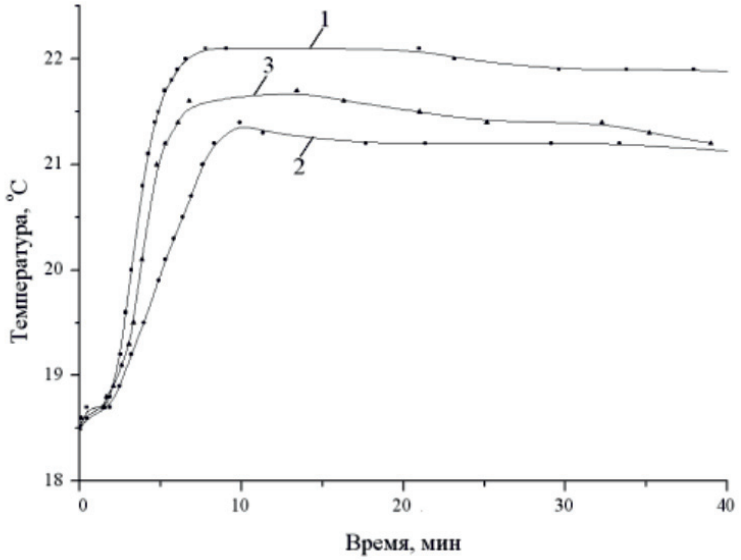
где $\tau_н$ – время начало процесса, как правило $\tau_н = \Delta\tau$.

Значение предэкспоненциального множителя, определяется с использованием зависимости, полученной из уравнения формальной химической кинетики:

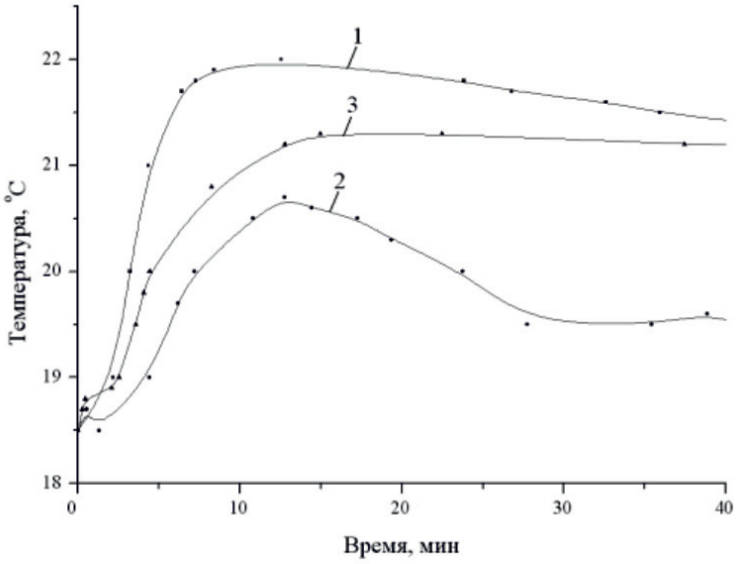
$$A = \log\left(\frac{1}{\tau_к-\tau_н}\int_{\tau_н}^{\tau_к}\left[\frac{1}{j m_c M_a c_a(\tau)}\frac{k\,F\left(t(\tau)-t_{oc}\right)}{\left(1-\exp\left[-\frac{kF}{m_c c_c}\tau\right]\right)\cdot\exp\left[-\frac{\overline{E_a}}{R\left[273+t(\tau)\right]}\right]}\right]d\tau\right). \quad (14)$$

## Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 2 приведены графики изменения температуры в ходе осаждения ПАНИ на поверхность УНТ, отличающихся морфологией и степенью функционализации ($S_f$) карбоксильными группами. Во всех случаях выявлены экзотермический характер протекающих процессов и наличие индукционного периода продолжительностью от 1 до 3 мин. Наибольшее повышение температуры наблюдается в присутствии УНТ различной морфологии («Таунит-М», «Таунит-МД») с небольшой степенью предварительной функционализации (рис. 1, а, б, кривые 1). Значение температуры в точках максимума зависит и от вида используемых УНТ. В присутствии УНТ «Таунит-МД» процесс протекает медленнее при $S_f$ 0,4–0,7 ммоль/г (рис. 2, кривые 2 и 3).




*а*

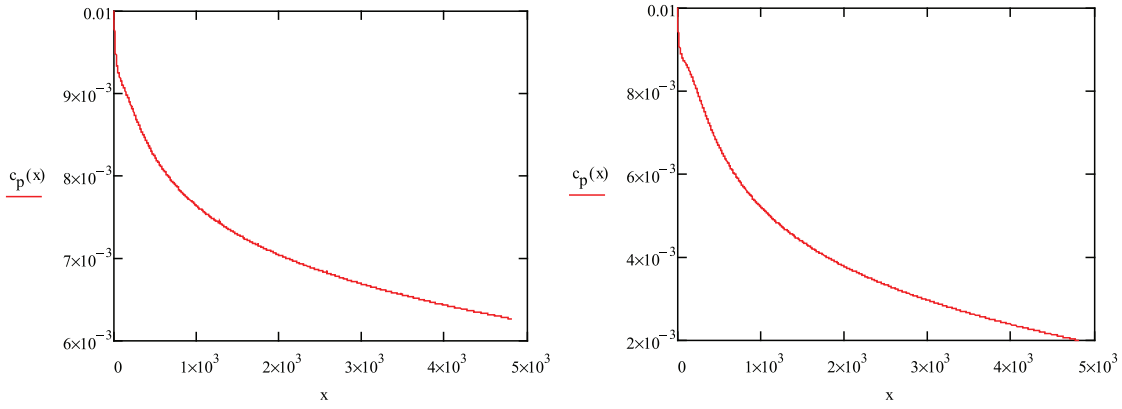



*б*

*Рис. 2. Изменение температуры в ходе реакции окислительной полимеризации анилина в присутствии карбоксилированных УНТ «Таунит-М» (а) и «Таунит-МД» (б)*
*$S_f$: 0,2 (1), 0,4 (2), 0,7 (3) ммоль/г*

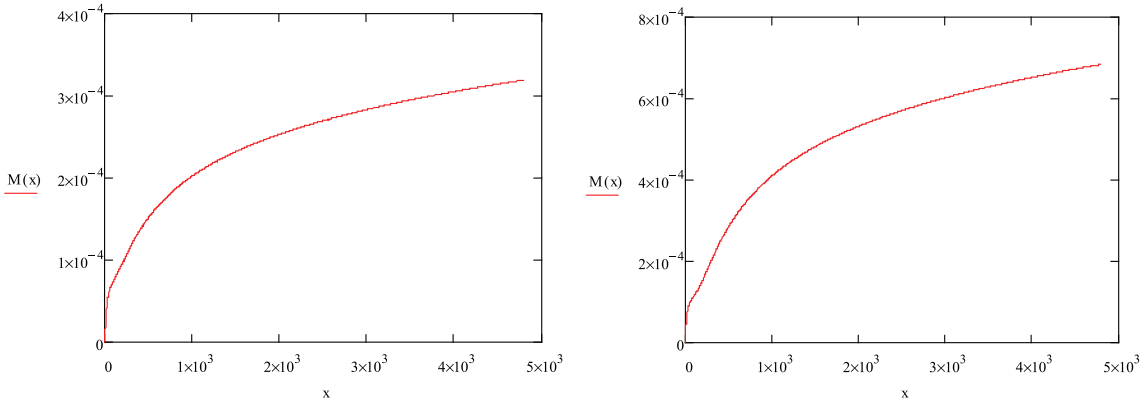
Сведения об изменении концентрации анилина и массы полианилина представлены на рис. 3 и 4. На графиках присутствуют участки, на которых концентрация анилина и масса ПАНИ не изменяются, соответствующие, по-видимому, индукционному периоду, после которого начинается процесс окислительной полимеризации, сопровождающийся ростом макромолекул ПАНИ.

В таблице приведены расчетные значения удельного теплового эффекта (*j*), энергии активации ($E_A$) и предэкспоненциального множителя ($k_0$) для процесса окислительной полимеризации анилина в присутствии УНТ:




*а* *б*

*Рис. 3. Изменение концентрации анилина в ходе процесса модифицирования УНТ «Таунит-М» (а) и «Таунит-МД» (б). $S_f$ = 0,2 ммоль/г*




*а* *б*

*Рис. 4. Изменение массы полианилина в ходе процесса модифицирования УНТ «Таунит-М» (а) и «Таунит-МД» (б). $S_f$ = 0,2 ммоль/г*

Расчетные значения кинетических параметров окислительной полимеризации анилина в присутствии карбоксилированных УНТ

| Вид УНТ | $S_f$, ммоль/г | Удельный тепловой эффект *j*, Дж/кг | Энергия активации $E_A$, Дж/моль | Предэкспоненциальный множитель lg $k_0$ |
|---|---|---|---|---|
| Таунит-М | 0,2 | $2{,}45 \cdot 10^7$ | $1{,}73 \cdot 10^6$ | 302,37 |
| | 0,4 | $9{,}24 \cdot 10^6$ | $1{,}07 \cdot 10^6$ | 186,82 |
| | 0,7 | $4{,}98 \cdot 10^6$ | $1{,}56 \cdot 10^6$ | 274,86 |
| Таунит-МД | 0,2 | $7{,}72 \cdot 10^6$ | $8{,}59 \cdot 10^5$ | 149,73 |
| | 0,4 | $3{,}64 \cdot 10^6$ | $9{,}44 \cdot 10^5$ | 165,58 |
| | 0,7 | $5{,}27 \cdot 10^6$ | $2{,}01 \cdot 10^5$ | 33,60 |

Наибольший удельный тепловой эффект получен при использовании УНТ обоих морфологических типов с минимальной степенью функционализации (0,2 ммоль/г). Примечательно, что с ростом степени функционализации УНТ «Таунит-М» до 0,7 величина *j* уменьшается, в присутствии УНТ «Таунит-МД» такая закономерность не наблюдается (таблица). Как видно из таблицы, энергия активации зависит

от морфологического типа УНТ: для УНТ «Таунит-М» она на порядок выше, чем для «Таунит-МД». В случае использования УНТ «Таунит-М» со степенью функционализации 0,2 и 0,7 ммоль/г получены близкие значения энергии активации, а минимальной $E_A$ характеризуется реакция с УНТ со средним значением $S_f$ = 0,4 ммоль/г. Обратная картина наблюдается в присутствии УНТ «Таунит-МД». Так, максимальная энергия активации получена при введении в реакционную смесь нанотрубок данного морфологического типа со средним значением степени предварительной функционализации (0,4 ммоль/г).

Для обеспечения точности расчета разработанная методика исследования кинетики процесса модифицирования УНТ предполагает аппроксимацию зависимости температуры реакционной массы от времени. Проведенный анализ показал, что наиболее достоверно экспериментальные данные описываются полиномом вида

$$t(\tau) = \frac{\sum_{i=0}^{I} a_i \ln(\tau)^i}{1 + \sum_{j=1}^{J} b_j \ln(\tau)^j},$$

$$I = 1..5, J = 1..6. \qquad (15)$$

## Заключение

Разработана экспериментальная методика исследования кинетики модифицирования поверхности УНТ полианилином, основанная на решении обратной задачи математического моделирования процесса теплообмена. На основе информации об изменении температуры реакционной смеси определены зависимости изменения массы синтезированного полианилина от времени, удельный тепловой эффект, энергия активации и предэкспоциальный множитель константы скорости реакции для процессов модифицирования углеродных нанотрубок «Таунит-М» и «Таунит-МД» со степенью функционализации 0,2–0,7 ммоль/г.

## Список литературы

1. Sun M. Interfacial Synthesis and Supercapacitive Performance of Hierarchical Sulfonated Carbon Nanotubes/Polyaniline Nanocomposites / M. Sun // Ind. Eng. Chem. Res. – 2012. – Vol. 51. – № 10. – P. 3981–3987.

2. Progress in preparation, processing and applications of polyaniline / S. Bhadra, D. Khastgir, N.K Singha et al. // Prog. Polym. Sci. – 2009. – Vol. 34. – № 8. – P. 783–810.

3. High-performance supercapacitors based on polyaniline–graphene nanocomposites: Some approaches, challenges and opportunities / N. Pal, S. Chauhan, M. Mozafari et al. // J. Ind. Eng. Chem. – 2016. – Vol. 36. – P. 13–29.

4. Simotwo S.K. Polyaniline-based electrodes: recent application in supercapacitors and next generation rechargeable batteries / S.K. Simotwo, V. Kalra // Curr. Opin. Chem. Eng. – 2016. – Vol. 13. – P. 150–160.

5. Polyaniline/partially exfoliated multi-walled carbon nanotubes based nanocomposites for supercapacitors / D.D. Potphode, P. Sivaraman, S.P. Mishra et al. // Electrochim. Acta. – 2015. – Vol. 155. – P. 402–410.

6. Synthesize of polyaniline–multi walled carbon nanotubes composite on the glass and silicon substrates and methane gas sensing behavior of them at room temperature / S. Sattari, A. Reyhani, M.R. Khanlari, M. Khabazian et al. // J. Ind. Eng. Chem. – 2014. – Vol. 20. – № 4. – P. 1761–1764.

УДК 62-2:681.7.07

# МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МИКРООБЪЕКТИВА ДЛЯ АДАПТАЦИИ ЕГО РАБОТЫ НА РАЗЛИЧНЫХ МИКРОСКОПАХ

**[1]Семёнов А.В., [1]Табачков А.Г., [1]Дырдина В.Ю., [2]Фролов Д.Н.**

*[1]ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Санкт-Петербург, e-mail: drunia147@yandex.ru, aletab@yandex.ru, d.nika_9494@mail.ru;*

*[2]Проект Labor-Microscopes, Санкт-Петербург, e-mail: fronda@list.ru*

В настоящее время на рынке существует большое количество разнообразных объективов для микроскопов. Выпускаемые объективы обладают различными характеристиками, в том числе отличаются и длиной тубуса. Несмотря на достаточно большое разнообразие моделей, потребность в разработке новых микрообъективов постоянно возрастает. Данное обстоятельство связано с тем, что на ряду с появлением новейших моделей современных микроскопов и объективов существует огромное количество уже выпущенных приборов, которые находятся в использовании. Из-за улучшения технических характеристик и изменения габаритных параметров, использование новых объективов на ранее выпущенных микроскопах не представляется возможным. Ведущие производители микрообъективов постоянно стремятся унифицировать оптические схемы и механические конструкции объективов. Данное стремление обосновано желанием уменьшить номенклатуру деталей при изготовлении различных модификаций изделия, упростить технологический процесс изготовления и сборки объективов, а также снизить себестоимость изделий. Наиболее целесообразно изготавливать объектив, предусмотрев в конструкции возможность замены некоторых его оптических компонентов для реализации выпуска различных модификаций. Предложен вариант адаптации микрообъектива для возможной работы на другом микроскопе. Рассмотрена унификация оптической схемы и возможность модернизации конструкции микрообъектива с целью адаптации его параксиальных характеристик при работе на нескольких различных микроскопах.

**Ключевые слова: объективы, аберрации, унификация, модернизация, адаптация, микроскоп, юстировка, качество изображения**

# UPGRADING THE DESIGN OF MICROOBJECTIVE TO ADAPT HIS WORK TO DIFFERENT MICROSCOPES

**[1]Semenov A.V., [1]Tabachkov A.G., [1]Dyrdina V.Yu., [2]Frolov D.N.**

*[1]Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education «Saint-Petersburg National Research University of information technologies, mechanics and optics», St. Petersburg, e-mail: drunia147@yandex.ru, aletab@yandex.ru, d.nika_9494@mail.ru;*

*[2]Project Labor-Microscopes, St. Petersburg, e-mail: fronda@list.ru*

Currently there are a variety of lenses for microscopes. Manufactured lenses have different characteristics, including different long tube. Despite the fairly large variety of models, the need for new development allows the development is constantly increasing. This circumstance is due to the fact that along with the emergence of new models of microscopes and lenses, there is a huge number of already issued instruments that are in use. Due to performance and changes in overall parameters, the use of new lenses on the previously released microscope is not possible. Leading manufacturers allows the development constantly strive to standardize optical circuits and mechanical design of the lenses. This desire is justified by the desire to reduce the range of parts in the manufacture of various modifications of the product, to simplify the technological process of manufacture and Assembly of lenses and to reduce the cost of products. The most expedient to manufacture the lens, providing the possibility of replacing some of its optical components for the implementation of different modifications. Offered the option of adapting microobjective for possible work on another microscope. Considered the unification of the optical bench and the ability to upgrade the design of microobjective to adapt its paraxial characteristics when working on several different microscopes.

**Keywords: objective, aberration, unification, modernization, adaptation, microscope, alignment, quality of the image**

В настоящее время, в мире производится огромное разнообразие объективов для микроскопов, имеющих различные конструкции и характеристики. Существует возможность выбрать микрообъектив практически для всех поставленных задач и целей. Многочисленные производители постоянно конкурируют друг с другом, вследствие чего микрообъективы регулярно совершенствуются. С появлением и развитием новых методов контроля, технологий и растущим количеством научных исследований выявляется потребность в разработке новых моделей микрообъективов, отвечающих повышенным требованиям. Общемировое число ежегодно публикуемых научных статей по данной тематике неуклонно растет: так в 1988 году во всём мире было опубликовано около 460 000 статей, в 2014 – уже 827 000 [13, 15].

В процессе улучшения выходных характеристик объективов оптические схемы постоянно модернизируются и изменяются путём увеличения количества линз и введения новых оптических компонентов [5, 7]. Основное стремление в улучшении оптической схемы направлено на увеличение числовой апертуры и поля зрения объектива. Однако такие улучшения приводят не только к увеличению количества линз и их диаметра, но и к неизбежному ухудшению контрастности изображения и потерям света, вследствие отражения. Альтернативным решением увеличенного количества линз, для улучшения характеристик объектива, является замена части сферических поверхностей на асферические. При этом следует отметить, что производство асферической оптики на многих предприятиях не рассчитано для массового (серийного) изготовления асферических деталей [9].

Возросшая потребность в новых объективах для микроскопов привела к тому, что необходимо искать новые пути для улучшения качества и снижения себестоимости оптических систем. Данную проблему можно решить путём автоматизации производства и унификации конструкций микрообъективов [2, 7]. В настоящее время исследования по этим направлениям проводятся всеми ведущими фирмами, выпускающими микрообъективы, так как унификация конструкции и автоматизация производства позволяют значительно повысить производительность труда [6, 11, 12].

При изготовлении микрообъективов одним из важнейших и трудоёмких этапов является сборка, так как для устранения имеющихся погрешностей и достижения наилучшего качества изображения требуется их юстировка. Процесс юстировки связан с многократными разборками/сборками объектива во время сборки. Поэтому для увеличения количества выпускаемых изделий предприятия пытаются автоматизировать производство на этапе сборки микрообъектива. При проектировании новых оптических приборов также серьёзное внимание уделяется повышению технологичности конструкции (как отдельных деталей и узлов, так и всего изделия в целом), так как это является важным фактором серийного производства и в дальнейшем автоматизации его этапов.

### Унификация оптических схем и конструкций микрообъективов

Микроскопы предназначены для выполнения различных задач и операций, связанных с разнообразными методиками микроскопических исследований. Поэтому существует потребность в разработке широкой гаммы микрообъективов, имеющих различные характеристики и предназначенных для решения обширного круга задач. В настоящее время разработка новых конструкций микрообъективов, инженерами-расчётчиками ведётся по пути повышения информативности создаваемого изображения. Для этого улучшаются характеристики оптических систем, используются современные оптические материалы для изготовления линз и оптических компонентов.

Известно, что в световом микроскопе основную роль в формировании изображения играет его главная оптическая система, которая состоит из микрообъектива и окуляра. При этом объектив является наиболее важным элементом этой схемы. От него зависят такие характеристики, как числовая апертура, степень исправления аберрации, разрешающая способность и качество изображения микроскопа в целом. Таким образом, основное внимание в улучшении оптической схемы прибора связано с усовершенствованием микрообъектива. Производители стараются разрабатывать более рациональные конструкции микрообъективов и совершенствуют технологии их изготовления, сборки и контроля. Производство новых объективов базируется на принципах стандартизации и унификации конструктивных решений не только оптических, но и механических систем [1]. Отсутствие унификации оптической схемы и механической конструкции неблагоприятно сказывается на качестве конечного продукта, так как при разработке новой конструкции возрастают затраты на проектирование прибора, увеличивается время изготовления, расширяется номенклатура оснастки, деталей, затрудняется процесс изготовления и сборки микрообъективов.

В создавшейся ситуации работы по стандартизации и унификации оптических схем и конструкций микрообъективов являются довольно актуальными. Работы, которые ведутся в этих направлениях, должны обеспечивать: установление типов и размеров на основе параметрических рядов; взаимозаменяемость групп узлов и деталей; ограничение конструктивных вариантов целесообразным минимумом; снижение удельного расхода материалов и себестоимости продукции; возможность автоматизации их сборки и юстировки [4, 6, 10, 14].

Во время разработки нового оптического прибора проектируется его оптическая схема, выбираются оптические материалы для компонентов и рассчитываются конструктивные параметры. Унификация конструктивных решений при этом должна

быть основана на использовании и композиции некоторых базовых оптических компонентов с заранее известными свойствами и аберрациями для определения оптимальных характеристик и показателей качества изображения, формируемого проектируемым микрообъективом. К таким компонентам можно отнести одиночные мениски, положительные одиночные линзы и склейки, используемые в средней части оптической схемы.

Основываясь на работах [7–9], всю схему микрообъектива можно разделить на несколько составляющих (рис. 1). Каждая из составляющих отвечает за определённые параметры и характеристики.

Таким образом, оптическая схема объектива состоит из фронтальной и последующих частей. Фронтальная линза (или система линз) 1 обращена к препарату и является основной при построении изображения соответствующего качества. Она определяет рабочее расстояние и числовую апертуру объектива. Последующая часть 2 обеспечивает требуемое увеличение и размер поля зрения, а в сочетании с фронтальной, фокусное расстояние и качество изображения. Последняя часть микрообъектива, состоящая из 3, 4, в основном ориентирована на устранение оставшихся аберраций, а также определяет высоту объектива и длину тубуса. При этом роль последней линзы 4 в форме мениска – это исправление кривизны поля зрения [9]. Таким образом, первая часть схемы превращает входящие лучи в пучки средней сходимости, последующие части формируют в фокальной плоскости окуляра изображение.

### Разработка унифицированной конструкции микрообъектива

При проведении работ в качестве объекта исследования был выбран микрообъектив с увеличением $63^x$ и апертурой 0,85. Данный микрообъектив имеет тубус «бесконечность» и рассчитан на совместную работу с тубусной линзой, которая устанавливается в штативе микроскопа и её фокусное расстояние равно 160 мм.

В работе рассмотрен вариант адаптации существующего микрообъектива, имеющего длину тубуса «бесконечность», для работы на другом микроскопе, который рассчитан на конечную длину тубуса. Руководствуясь результатами исследований, изложенных в работах [6, 9], для решения поставленной задачи достаточно произвести модернизацию части микрообъектива, которая формирует тубусное расстояние. На основании выводов, изложенных выше, было предположено добавить определённый дополнительный линзовый компонент в хвостовую часть оптической схемы микрообъектива, чтобы изменить величину фокусного расстояния и тем самым изменить тубус объектива. В ходе работы необходимо было рассчитать дополнительную линзу, которая устанавливается в корпус объектива. При этом имеющаяся тубусная линза прибора должна быть исключена из расчётов.

При помощи программных продуктов, таких как OPAL и ZEMAX, были выполнены необходимые расчёты и произведён сравнительный анализ аберраций, которые присутствуют в исходном объективе и в новом изделии [1]. В ходе проверки и сравнения двух оптических схем была произведена оптимизация конструктивных параметров новой склейки. В итоге была достигнута идентичность параксиальных характеристик и аберраций существующего объектива и модернизированного образца. Отличия, которые были выявлены, являются несущественными и не влияют на качество микрообъектива в целом [3].

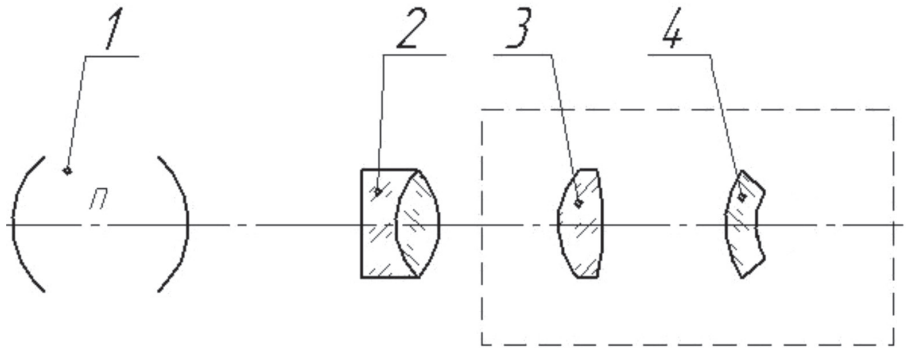



*Рис. 1. Унифицированная схема микрообъектива*

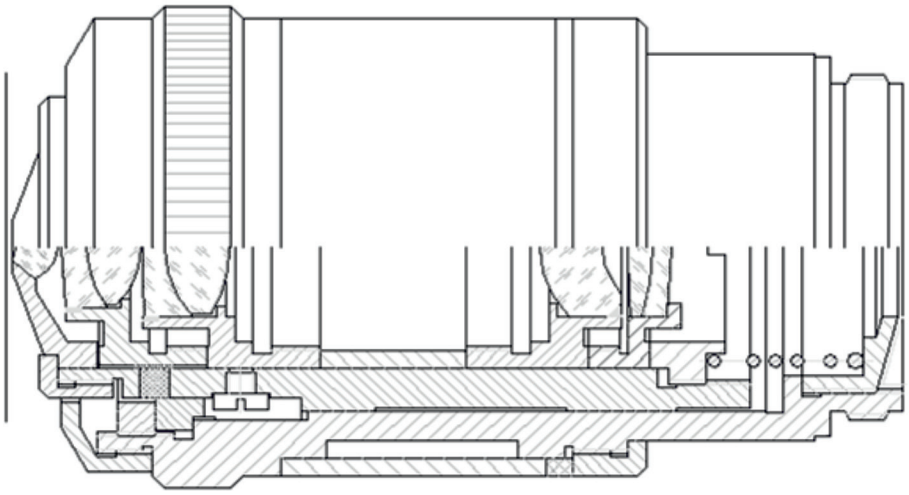


*Рис. 2. Конструкция нового микрообъектива*

При проектировании новой конструкции микрообъектива целесообразнее изначально предусматривать возможность замены компонентов или добавления новых линз (склеек), чем разрабатывать каждый раз разные конструкции объективов для различных микроскопов. Такой подход оправдан как с технологической, так и с экономической точки зрения.

Конструкция исходного объектива разрабатывалась исходя из этих соображений. Следовательно, конструктивно она является унифицированной и все размеры механических деталей подобраны таким оптимальным образом, что их можно будет использовать для нового микрообъектива. Новый узел необходимо было спроектировать таким образом, чтобы он вписывался между исходными узлами существующего микрообъектива. В результате проведённой конструкторской проработки была получена конструкция, представленная на рис. 2.

Для достижения более достоверных суждений об унификации оптической схемы и о возможной её модернизации был проведён ряд аналогичных исследований.

Как известно, линейное увеличение микрообъектива определяется из формулы

$$\Gamma_{об} = f'_{тл}/f'_{об},$$

где $f'_{тл}$ – фокусное расстояние тубусной линзы, $f'_{об}$ – фокусное расстояние микрообъектива. В нашем случае исходный объектив рассчитан для совместной работы с тубусной линзой ($f'_{тл}$ = 160 мм), значение его заднего фокусного расстояния равно 2,54 мм. Таким образом, его увеличение (изначально) равно 63$^{x}$. При установке данного объектива на прибор, имеющий тубусную линзу с $f'_{тл}$ = 200–250 мм, получим увеличение микрообъектива 80–100$^{x}$.

В ходе проведённой работы было выявлено, что путем введения в оптическую схему дополнительной линзы можно изменить фокусное расстояние микрообъектива (не нарушая остальных параметров объектива). Были произведены аналогичные оптические расчёты по изменению $f'_{об}$, в результате которых была рассчитана новая линза, которую необходимо установить в микрообъектив. Установка дополнительной линзы в существующий объектив позволила скорректировать увеличение объектива и использовать его в приборе с тубусной линзой, у которой $f'_{тл}$ = 250 мм. При этом увеличение объектива осталось исходным и составляло 63$^{x}$. Далее были произведены необходимые конструкторские проработки. В результате была получена новая конструкция, которая аналогична той, которая была представлена на рис. 2.

Для апробации расчётов и конструкторской проработки были изготовлены опытные образцы всех исследуемых микрообъективов. Изготовленные образцы после испытаний подтвердили достоверность расчётно-конструкторской проработки. Таким образом, проведённые оптические расчёты и конструкторские проработки подтверждают наличие унификации оптической схемы микрообъектива и возможность её модернизации.

Рассмотренные выше варианты модернизации (адаптации) объективов подразумевают изменение оптической схемы и конструкции на этапе проектирования и изготовления микрообъективов. Однако зачастую возникает необходимость адап-

тировать уже готовый (существующий) микрообъектив под другие условия работы (другой микроскоп) или изменить его характеристики. В данной ситуации необходимо осуществить полную разборку с последующей сборкой микрообъектива. После полной разборки объектива необходимо выполнить не только его сборку, но и произвести юстировку и контроль, чтобы устранить аберрации и проверить качество изображения. Произвести данные операции в «домашних» условиях не представляется возможным без надлежащего оборудования и опыта работы.

Согласно новой конструкции предлагается (в имеющемся микрообъективе) удалять упорную диафрагму из хвостовой части, а на ее место устанавливать необходимый оптический узел. Для обеспечения соосности нового узла используется цилиндрический поясок в корпусе. При разработке данного варианта конструкции были проанализированы все допуски, которые могут повлиять на ухудшение качества изображения микрообъектива. Для апробации расчётов и конструкторской проработки новой конструкции объектива были изготовлены опытные образцы.

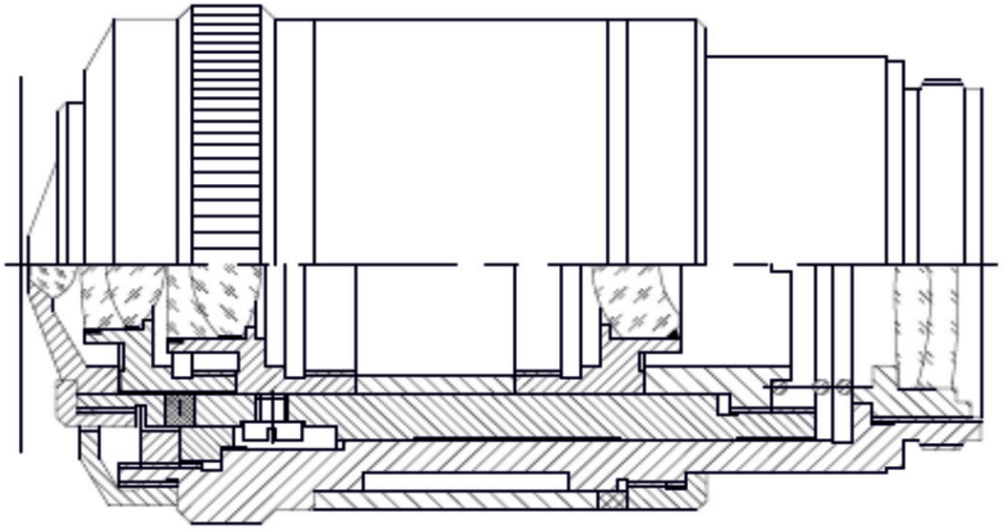


*Рис. 3. Конструкция модифицированного микрообъектива*

В связи с этим работы в данном направлении были продолжены. В качестве объекта исследования был выбран тот же микрообъектив с увеличением $63^x$ и апертурой 0,85. Были произведены необходимые оптические расчеты на предмет увеличения воздушного промежутка между основной оптической схемой объектива и дополнительной (вводимой) линзой. Также было проанализировано изменение аберраций и остальных параметров объектива. Далее был разработан вариант конструкции, представленный на рис. 3. Новая конструкция позволяет производить модернизацию микрообъектива, не нарушая самой конструкции. Это дает возможность производить работы не только в заводских условиях (когда требуется полная разборка и специальное оборудование для сборки), но и достигать изменения параметров объектива без специального заводского оборудования.

**Выводы**

В ходе проведённой работы теоретическим и практическим путём было доказано, что унификация оптической схемы микрообъективов позволяет производить модернизации для изменения определённых характеристик. В совокупности с унифицированной механической конструкцией микрообъектива это даёт возможность изменять определённые параметры и характеристики объектива путём незначительной доработки и при этом сохранять аберрационное качество. Таким образом, при наличии фактически одних и тех же деталей имеется возможность изготавливать разные модификации микрообъективов, а также при необходимости адаптировать любой имеющийся (или разрабатываемый) объектив под различные условия работы на любом микроскопе.

Проведенные работы позволяют обеспечить взаимозаменяемость групп узлов

и деталей, уменьшить количество деталей и оснастки, снизить себестоимость выпускаемой продукции. При этом появляется возможность оперативно перенастраивать производственный процесс под выпуск различных модификаций микрообъектива.

### Список литературы

1. Иванова Т.А. Проектирование и контроль оптики микроскопов [Текст] / Т.А. Иванова, В.К. Кирилловский. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1984. – 231 с.

2. Концепция линии автоматизированной сборки микрообъектива на основе адаптивной селекции его компонентов [Текст] / С.М. Латыев, А.П. Смирнов, А.А. Воронин, Б.С. Падун, Е.И. Яблочников, Д.Н. Фролов, А.Г. Табачков, Р. Тезка, П. Цохер // Оптический журнал. – 2009. – Т. 76, № 7. – С. 79–83.

3. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов [Текст] / С.М. Латыев. – СПб.: Лань, 2015. – 560 с.

4. Микроскопы [Текст] / Г.Е. Скворцов, В.А. Панов, Н.И. Поляков, Л.А. Федин; под ред. канд. техн. наук Н.И. Полякова. – Л.: Машиностроение, 1969. – 512 с.

5. Обеспечение целевых показателей качества при автоматизации сборки микрообъективов [Текст] / С.М. Латыев, А.П. Смирнов, А.А., Д.Н. Фролов, А.Г. Табачков, Р. Тезка // Оптический журнал. – 2010. – Т. 77, № 1. – С. 49–53.

6. Табачков А.Г. Конструкторско-технологическая унификация микрообъективов с учетом автоматизации их сборки: дис. ... канд. техн. наук (05.11.14). – СПб., 2011. – 142 с.

7. Унификация оптических и механических конструкций линзовых микрообъективов [Текст] / С.М. Латыев, А.Г. Табачков, Д.Н. Фролов, А.С. Резников // Приборостроение. – 2011. – Т. 54, № 11. – С. 14–21.

8. Фролов Д.Н., Королева Н.В. Ахроматический объектив микроскопа // Патент России № 1767466. 1992.

9. Фролов Д.Н. Синтез оптических систем линзовых микрообъективов [Текст] // Оптический журнал. – 2002. – Т. 69, № 9. – С.16–20.

10. Юстировка и контроль высоты и центровки микрообъективов [Текст] / С.М. Латыев, А.М. Бурбаев, П.А. Белойван, А.Г. Табачков // Оптический журнал. – 2013. – Т. 80, № 12. – С. 82–86.

11. Analysis of certain issues in the assembly of fast objectives [Text] / S.M. Latyev, B. Bui Dinh, P.A. Beloivan, A.G. Tabachkov // Journal of Optical Technology. – 2015. – Iss. 82. – № 12. – P. 796–799.

12. Automated Centering and Bonding Machine [Электронный ресурс]. – URL: http://www.trioptics.com (дата обращения: 17.09.2017).

13. Labor-Microscopes [Электронный ресурс]. – URL: http://www.labor-microscopes.ru (дата обращения: 17.09.2017).

14. Langehanenberg P., Heinisch J., Stickler D. Smart and precise alignment of optical systems. [Text] // Proceedings of SPIE. – 2013. – Vol. 8884, 88842E.

15. National Science Board [Электронный ресурс] / Science and Engineering Indicators 2014. Arlington VA: National Science Foundation (NSB 14-01). – URL: https://www.nsf.gov/statistics/seind14/ (дата обращения: 07.09.2017).

УДК 678.072/.073

# СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Сокольская М.К., Колосова А.С., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С.**

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

Данная статья представляет собой обзор полимерных связующих, применяемых в настоящее время для получения композиционных материалов. В статье приведены общие сведения о наиболее распространенных полимерных связующих, дана их общая классификация по реакционной способности и группам полимеров. Представлена информация о технологических и эксплуатационных свойствах рассматриваемых полимерных материалов, а также об особенностях их переработки и применения. Представленная информация позволяет сделать выводы о преимуществах и недостатках их использования в качестве связующих для получения композиционных материалов с заданным набором основных характеристик. В данной статье также упоминается возможность получения модифицированных связующих и полиматричных композиционных материалов, что позволяет одновременно усилить преимущества и снизить недостатки применяемых полимерных материалов.

**Ключевые слова: полимерный композиционный материал, термореактивное связующее, термопластичное связующее, синтетическая смола, жизнеспособность смолы, деструкция полимеров, наполнитель, препрег**

# BINDERS TO OBTAIN THE MODERN POLYMER COMPOSITE MATERIALS

**Sokolskaya M.K., Kolosova A.S., Vitkalova I.A., Torlova A.S., Pikalov E.S.**

*Federal Educational Institution of Higher Education Vladimir State University of a name of Alexander Grigorevich and Nikolay Grigorevich Stoletovs, Vladimir, e-mail: evgeniy-pikalov@mail.ru*

This article presents a review of the polymer binder used currently for the production of composite materials. The article provides an overview of the most common polymer binder, and give their general classification for reactivity and groups of the polymers. Presents information on technological and operational properties of the polymeric materials, as well as about the peculiarities of their processing and application. The presented information allows to draw conclusions about the advantages and disadvantages of their use as a binder for composite materials with a specified set of key characteristics. This article also mentions the possibility of producing the modified binder and multibinder composite materials, allowing simultaneously to strengthen the advantages and reduce the disadvantages of polymer materials.

**Keywords: polymer composite material, thermosetting binder, thermoplastic binder, synthetic resin, spreadable life of resin, polymer destruction, filler, prepreg**

Полимерные материалы и изделия из них в современном мире применяются повсеместно, а объемы их производства, масштабы и области применения с каждым годом только увеличиваются. Одной из перспективных областей использования полимерных материалов является их применение в качестве матриц или связующих для получения композиционных материалов, которые в последнее время получают все более широкое распространение за счет своих улучшенных технологических свойств, таких как пониженная усадка, за счет механической прочности в сочетании с легкостью, а также благодаря наличию у большинства из них комплекса специальных свойств – повышенной стойкости к воздействию различных факторов, диэлектрических характеристик и др.

В технологии получения полимерных композиционных материалов (ПКМ) под матрицей понимается полимер в чистом виде, а полимерным связующим называют композицию на основе полимера с добавлением различных добавок.

Свойства и структура матрицы во многом определяют способ получения композиционного материала и такие его свойства, как прочность, химическая стойкость, тепло- и влагостойкость. Следовательно, выбор матрицы является одной из основных задач в разработке составов ПКМ. В технологии получения ПКМ существует общая классификация, по которой различают термореактивные и термопластичные матрицы.

В качестве термореактивных матриц редко применяются полимеры в чистом виде. В основном применяют реактопласты, представляющие собой полимерную основу, называемую синтетической смолой или просто смолой, в которую вводят наполнители, разбавители, загустители, стабилизаторы, красители, смазки, отвердители, а также инициаторы, катализаторы и ускорители отверждения. Особенностью реактопластов является способность под действием тепла и химически активных добавок

(отвердителей) приобретать пространственную структуру, что сопровождается потерей текучести [1]. Рассмотрим основные виды смол, применяемых в производстве ПКМ.

Из фенолоальдегидных смол, называемых также фенольными, в основном применяют фенолоформальдегидные смолы, которые получают поликонденсацией фенолов с формальдегидом. При избытке фенола получают термопластичные новолачные смолы (отверждаются в присутствии отвердителей), а при избытке формальдегида – термореактивные резольные смолы. В отвержденном состоянии эти смолы отличаются высокими прочностными, электроизоляционными свойствами и химической стойкостью. К недостаткам этих смол относятся большая объемная усадка при отверждении, хрупкость, необходимость высокого давления формования для получения материалов с малой пористостью, а также токсичность, из-за которой область их применения в последние годы сильно уменьшилась, хотя до недавнего времени они были наиболее часто применяемыми термореактивными матрицами. Наиболее широко эти смолы применяются для получения ПКМ с такими наполнителями, как древесина, бумага, ткань и стекло.

Аминоальдегидные смолы, называемые также аминосмолами, получают поликонденсацией карбамида (меламина, анилина) с формальдегидом. Наиболее распространены карбамидоформальдегидные смолы, называемые также карбамидными. В отвержденном состоянии аминосмолы отличаются свето- и дугостойкостью, устойчивостью к растворителям и смазочным маслам. К недостаткам ПКМ на основе аминосмол можно отнести склонность к растрескиванию при длительной эксплуатации и значительное водопоглощение. Применяются для получения ПКМ с такими же наполнителями, как и фенольные смолы.

Полиэфирные смолы разделяют на насыщенные и ненасыщенные. Из насыщенных полиэфирных смол, называемых также алкидными, в получении ПКМ применяют глифталевые смолы (глифтали), которые в основном модифицируют растительными маслами или жирными и смоляными кислотами [2]. В отвержденном состоянии глифтали обладают хорошей водостойкостью, атмосферостойкостью и термостойкостью до 150 °С, но неустойчивы к действию щелочей. Применяются для получения ПКМ с такими наполнителями, как слюда, стекло и бумага.

Ненасыщенные полиэфирные смолы представляют собой ненасыщенные олигомеры (олигоэфиры), например полималеинаты (полифумураты) и олигоэфиракрилаты, их смеси и их растворы в способных сополимеризоваться мономерах (стирол, метилметакрилат, диаллилфталат и др.). Растворение и сополимеризация с получением полиэфирмалеинатов (полиэфирфумаратов) и полиэфиракрилатов, а также ортофталевых, изофталевых и винилэфирных смол являются условиями отверждения этих смол. В отвержденном состоянии полиэфирные смолы отличаются водостойкостью, химической стойкостью к действию кислот, органических жидкостей и окислителей. Важными преимуществами этих смол являются малая вязкость, облегчающая совмещение с наполнителем, и способность отверждаться в широком интервале температур без применения высокого давления. К недостаткам полиэфирных смол относятся сравнительно невысокие механические свойства в отвержденном состоянии, невысокая адгезия ко многим наполнителям, достаточно большая усадка, невысокая стойкость к щелочам, и горючесть. Следует отметить, что эти недостатки в настоящее время могут быть уменьшены за счет введения различных добавок и получения модифицированных полиэфирных смол. Необходимо учитывать наличие в полиэфирных смолах токсичных соединений, в первую очередь стирола, который растворяет полиэфир и сополимеризуется с ним в процессе приготовления и отверждения смолы. Стирол составляет до трети состава полиэфирных смол [3]. В основном эти смолы применяют для получения ПКМ с волокнистыми наполнителями и в первую очередь стекловолокнами.

Кремнийорганические смолы, называемые также силиконовыми или полиорганосилоксановыми, в отвержденном состоянии могут применяться в широком интервале температур (от –200 до +350 °С), характеризуются высокими диэлектрическими свойствами, химической стойкостью и гидрофобностью (используется для создания водоотталкивающих покрытий). К недостаткам кремнийорганических смол относятся сравнительно низкие механические свойства, формование при высоких давлениях и длительный цикл отверждения. Применяется для получения ПКМ с волокнистыми и листовыми наполнителями.

Эпоксидные смолы отличаются высокими адгезионными свойствами, отверждением в широком интервале температур при малой усадке и возможностью долго находиться в неотвержденном состоянии, что важно при получении пропитанных полуфабрикатов (препрегов). В отвержденном состоянии эпоксидные смолы отличаются

высокими механическими свойствами и химической стойкостью, однако у них низкая теплостойкость, что проявляется в уменьшении прочности и жесткости с повышением температуры. Применяются для получения ПКМ с такими наполнителями, как волокна, ткани и бумаги [1].

Полиимидные смолы также отличаются долгим периодом нахождения в неотвержденном состоянии. Наибольшее распространение среди полиимидных получили бисмалеимидные связующие [2]. Отвержденные полиимиды отличаются термостойкостью, химической стойкостью, высокими механическими свойствами и низким тепловым коэффициентом расширения. Недостатком являются технологические трудности применения, связанные с потерей пластичности и растворимости на конечных стадиях получения. Как и большинство термореактивных матриц применяются для получения ПКМ с волокнистыми наполнителями.

Полиуретановые смолы обладают хорошей адгезией к большинству наполнителей, не растворяются в воде и во многих растворителях (кроме сильнополярных растворителей), устойчивы к действию кислот. В отвержденном состоянии отличаются эластичностью, теплостойкостью и хорошими диэлектрическими свойствами. К недостаткам относятся горючесть и токсичность [2]. Применяются для получения ПКМ со стеклянным наполнителем, наполнителями в виде микросфер, а также резиновой крошки.

Фурановые смолы характеризуются высокими теплостойкостью и химической стойкостью, но при этом у них малая жизнеспособность, т.е. промежуток времени от момента приготовления до начала гелеобразования. Другим недостатком этих смол является высокая температура саморазогрева смесей в процессе реакции поликонденсации. Применяются для получения полимербетонов, а также ПКМ с такими наполнителями, как стекло, асбест, дерево и графит.

В качестве термопластичных матриц применяют как чистые полимеры, так и композиции, включающие пластификаторы, стабилизаторы, растворители, красители. Особенностью термопластов является способность обратимо переходить при нагревании в высокоэластичное либо вязкотекучее состояние [4]. При выборе термопласта нужно учитывать особенности его переработки, степень кристалличности и возможность деструкции. Так полимеры кристаллической структуры обладают повышенной теплостойкостью, химической стойкостью, прочностью и плотностью, низкими эластичностью, поверхностным трением, а также высокой усадкой и анизотропией свойств. Полимеры аморфной структуры обладают одинаковыми физико-механическими свойствами во всех направлениях, характеризуются низкой усадкой при литье, средними химической стойкостью и износостойкостью, высоким поверхностным трением, и они, как правило, прозрачные. Рассмотрим полимеры, наиболее широко применяемые в качестве термопластичных матриц.

Полиэтилен (ПЭ) хорошо выдерживает ударные нагрузки без разрушения, придает композиту диэлектрические свойства, водостойкость, стойкость к кислотам и низкое водопоглощение. Этот полимер склонен к фотохимической деструкции, а его термодеструкция протекает при температуре 290 °С. Различают ПЭ низкого давления (высокой плотности), который отличается более высокой прочностью, теплостойкостью и химической стойкостью, и ПЭ высокого давления (низкой плотности), у которого более высокая газопроницаемость. ПЭ хорошо сваривается и механически обрабатывается [1, 2].

Полипропилен (ПП) обладает высокой износостойкостью, водостойкостью, стойкостью к кислотам и щелочам, имеет самую высокую среди термопластов прочность на изгиб. Этот полимер является хорошим диэлектриком, однако неустойчив к действию сильных окислителей и отличается низкой морозостойкостью (–5 °С). Медленно окисляется на воздухе, а в отсутствие воздуха его термодеструкция проявляется при 300 °С. Также хорошо сваривается и механически обрабатывается [1, 2].

Полистирол (ПС) также является хорошим диэлектриком, обладает средней химической стойкостью, высокой радиационной стойкостью, однако отличается хрупкостью, низкой теплопроводностью и легко подвергается старению. Термодеструкция начинается при температуре выше 266 °С [1, 2]. Сополимеры стирола обладают более высокой термостойкостью и стойкостью к ударным нагрузкам. Широко распространены сополимеры стирола с бутадиеном (ударопрочный полистирол – УПС), сополимер стирола с акрилонитрилом, отличающийся масло- и бензостойкостью, а также тройной сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола (АБС-пластик) с исключительно высокими прочностными характеристиками, химической стойкостью, теплостойкостью и хорошей совместимостью с металлами [2].

Поливинилхлорид (ПВХ) является аморфным полимером с хорошими элек-

троизоляционными свойствами, стойким к химическим реагентам и не поддерживающим горение. Он атмосферостоек, но обладает низкими морозостойкостью (–10 °С) и теплостойкостью. Термодеструкция происходит при температуре 150–170 °С [1]. Кроме того, непластифицированный ПВХ отличается жесткостью и низкой термостабильностью, а пластифицированный ПВХ – эластичностью и более высокой морозостойкостью, однако его недостаток – склонность к постепенной миграции пластификатора. Стоит отметить, что ПВХ превосходит все другие полимеры по возможности модификации различными добавками, что позволяет получить материал, обладающий необходимыми для условий эксплуатации свойствами.

Политетрафторэтилен (ПТФЭ или тефлон) отличается высокой степенью кристалличности (95 %), температурой плавления 310–315 °С и самой большой среди полимеров плотностью (2100–2300 кг/м$^3$). Это непрозрачный полимер с низким коэффициентом трения, хороший диэлектрик, не подвержен действию грибков и отличается самой высокой среди полимеров химической стойкостью. Его термодеструкция начинается при 415 °С [1]. В меньшей степени как связующие применяются и другие фторполимеры (фторопласты или фторлоны), такие как политрифторхлорэтилен, поливинилиденфторид, а также сополимеры тетрафторэтилена (ТФЭ) и хлортрифторэтилена [2].

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ или ПЭТ) отличается прочностью, износостойкостью, низким коэффициентом трения, гигроскопичностью, стабильностью формы изделий, химической стойкостью, а также стойкостью к световым, рентгеновским и γ-лучам. К недостаткам можно отнести средние диэлектрические свойства [1, 2].

Полиметиленоксид (полиформальдегид) относится к линейным полимерам, хорошо сопротивляется усталостным и динамическим знакопеременным нагрузкам, устойчив к нейтральным растворителям и щелочам, обладает низкой ползучестью, хорошей водостойкостью, высокими износостойкостью, жесткостью и механической прочностью, низким коэффициентом трения и хорошо обрабатывается резанием [1, 2]. К недостаткам относятся чувствительность к минеральным кислотам, склонность к ультрафиолетовой и фотохимической деструкциям, горючесть, высокая усадка при формовании, слабая адгезия к металлам, невысокая цветостойкость и токсичность продуктов деструкции.

Полифениленоксид (ПФО) легко перерабатывается, в том числе повторно, нетоксичен, отличается теплостойкостью, износостойкостью, высокой стабильностью размеров и высокой ударной вязкостью, негорючестью, хорошими диэлектрическими свойствами, стойкостью к агрессивным средам и грибку. Недостатками являются высокая стоимость и высокая вязкость расплава. Из ПФО можно получать тонкостенные изделия сложной формы [1].

Полифениленсульфид (ПФС) характеризуется высокой термостойкостью (260 °С), устойчивостью к окислению, радиационной и химической стойкостью, жесткостью и прочностью, низким водопоглощением, огнестойкостью и диэлектрическими свойствами. Широко используется для пропитки тканей, получения ПКМ с минеральными наполнителями и стекловолокном [1, 2].

Поликарбонат (ПК) прозрачен, обладает низкой гигроскопичностью, стабильностью формы изделий, хорошими теплоизоляционными свойствми, огнестойкостью и стойкостью к действию микроорганизмов [1]. Недостатками ПК являются малая поверхностная твердость (легко царапается), высокий коэффициент теплового расширения, ультрафиолетовая деструкция, нестойкость к щелочам, концентрированным кислотам и ацетону. ПК легко механически обрабатывается.

Полиарилаты обладают высокой прочностью и термостойкостью и могут конкурировать с конструкционными металлическими материалами. Отличаются стойкостью к ультрафиолетовому и ионизирующему излучениям, разбавленным агрессивным средам [1].

Полиакрилаты, среди которых наиболее распространен полиметилметакрилат (ПММА), отличаются прозрачностью, атмосферостойкостью, механической прочностью, хорошими диэлектрическими свойствами, морозостойкостью, а также водостойкостью и химической стойкостью при обычной температуре. Недостатками этих полимеров являются низкая теплостойкость и малая поверхностная твердость.

Полиамиды (ПА) разделяют на алифатические и ароматические. Известны полиамиды, содержащие в основной цепи как алифатические, так и ароматические фрагменты. Все полиамиды отличаются высокой твердостью, прочностью на изгиб, износоустойчивостью, водостойкостью, стойкостью к маслам и растворителям, хорошей совместимостью с металлами. Для алифатических полиамидов характерны низкая теплостойкость (100–120 °С), более высокая реакционная способность, а арома-

тические полиамиды отличаются высокой теплостойкостью (300–400 °С), стойкостью к термической и термоокислительной деструкциям [2].

Полиимиды (ПИ) отличаются стабильностью физико-механических свойств в широком температурном интервале (от минус 200 до плюс 300 °С). Для изделий из ПИ характерны высокая стабильность размеров, низкая ползучесть при высоких температурах, низкий коэффициент трения, устойчивость к действию γ-излучения, быстрых электронов и нейтронов, а также стойкость к органическим растворителям и разбавленным кислотам [1, 2].

Разновидностью полиимидов являются полиэфиримиды (ПЭИ), отличающиеся хорошими диэлектрическими свойствами, высокой прочностью при растяжении, жесткостью, низким коэффициентом теплового расширения, стойкостью к кислотам, маслам, бензину, спиртам и слабым щелочам, устойчивостью к действию γ-излучения [2]. Полиэфиримиды сохраняют свои свойства в интервале температур от –70 до +180 °С. Основным недостатком является не очень хорошая стойкость к трещинам и чувствительность к горячим гидравлическим жидкостям.

Полисульфоны (ПСФ) обладают прочностью, стойкостью к радиоактивному излучению, хорошими диэлектрическими свойствами, химической стойкостью, термостойкостью, прозрачностью и негорючестью. Могут использоваться при температурах от–100 до +200 °С. Недостатком ПСФ является высокая стоимость [2].

Полиэфиркетоны (ПЭК), среди которых наиболее распространен полиэфирэфиркетон (ПЭЭК), отличаются деформационной теплостойкостью, термостойкостью, химической и радиационной стойкостью, низким водопоглощением, высокой ударной прочностью и хорошими диэлектрическими свойствами. Недостатками ПЭК являются сложность переработки и высокая стоимость [2].

Поливинилацетат (ПВА) обладает хорошими адгезионными свойствами, светостойкостью и эластичностью, но обладает малой твердостью, низкими теплостойкостью и морозостойкостью, невысокими водостойкостью и химической стойкостью. ПВА хорошо совмещается с пластификаторами и различными добавками, что повышает его адгезионные свойства, водостойкость и поверхностную твердость [5].

Кроме того, для всех термопластов характерна более высокая производительность при переработке и возможность формования изделий сложной формы и больших размеров по сравнению с реактопластами. Другими преимуществами является возможность вторичной переработки, а значит, и использования отходов производства и потребления [4, 6], практически бесконечная жизнеспособность препрегов, более низкая горючесть и токсичность продуктов горения, сочетание прочности и теплостойкости. В основном термопласты применяются для получения ПКМ с разнообразными порошкообразными наполнителями, в первую очередь минеральными (мел, кварц и др.), а также волокнами, в основном стеклянными.

Для рассмотренных связующих преимущества могут быть усилены, а недостатки уменьшены путем их модификации [5–8]. Перспективной в настоящее время является модификация одних синтетических смол другими с получением новых соединений, например эпоксидно-фенольные смолы обладают повышенной термостойкостью по сравнению с эпоксидными, а эпоксидно-полиэфирные – повышенной стойкостью к ударным нагрузкам. Кроме того, посредством модифицирующих соединений или введения отвердителей из термопластичных связующих могут быть получены термореактивные, такие как полиакрилатные и полиамидные смолы, а из термореактивных связующих могут быть получены термопластичные, например термопластичные полиуретаны. Другим перспективным направлением развития технологии получения ПКМ является комбинирование нескольких связующих с получением так называемых полиматричных композиционных материалов. Однако основным способом модификации свойств ПКМ остается применение различного рода наполнителей.

Таким образом, за счет многообразия применяемых связующих и их свойств, а также за счет широких возможностей их модификации возможно совершенствование существующих и создание новых ПКМ. В этом направлении проводится большое количество разработок, что подтверждает тенденцию к расширению объемов производства и использования ПКМ в самых разнообразных областях человеческой деятельности, из которых они за счет своих преимуществ со временем смогут вытеснить другие материалы.

**Список литературы**

1. Бондалетова Л.И., Бондалетов В.Г. Полимерные композиционные материалы (часть 1) [Текст]: учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.

2. Алентьев А.Ю., Яблокова М.Ю. Связующие для полимерных композиционных материалов [Текст]: учебное пособие / А.Ю. Алентьев, М.Ю. Яблокова. – М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2010. – 69 с.

3. О полиэфирных смолах [Электронный ресурс] // группа компаний композит: сайт. – URL: http://www.composite.ru/materialy1/smoly_poliefirnye/smoly_term/ (дата обращения: 28.05.2017).

4. Шахова В.Н., Воробьева А.А., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Современные технологии переработки полимерных отходов и проблемы их использования [Электронный ресурс] / В.Н. Шахова, А.А. Воробьева, И.А. Виткалова, А.С. Торлова, Е.С. Пикалов // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 11–2. – С. 320–325.

5. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Трифонова Т.А. Поливинилацетатные связующие материалы, модифицированные алкоксисиланом [Текст] / В.Ю. Чухланов, О.Г. Селиванов, Т.А. Трифонова // Строительные материалы. – 2014. – № 9. – С. 52–54.

6. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Селиванова Н.В. Новая защитная композиция на основе модифицированного вторичного полистирола для строительных конструкций [Электронный ресурс] / В.Ю. Чухланов, О.Г. Селиванов, Н.В. Селиванова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–2. – С. 297–301.

7. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Селиванова Н.В., Чухланова Н.В. Разработка и исследование свойств защитного покрытия на основе модифицированного полиуретана [Электронный ресурс] / В.Ю. Чухланов, О.Г. Селиванов, Н.В. Селиванова, Н.В. Чухланова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–7. – С. 1365–1368.

8. Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г., Селиванова Н.В. Разработка защитного полимерного покрытия повышенной огнестойкости на основе модифицированного полиуретана, наполненного шламовым отходом [Электронный ресурс] / В.Ю. Чухланов, О.Г. Селиванов, Н.В. Селиванова // Современные проблемы науки и образования – 2014. – № 3. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=13214 (дата обращения: 26.05.2017).

УДК 004.891

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПУТИ В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

**Тарасян В.С., Полушкин А.Я.**

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург, e-mail: VTarasyan@gmail.com*

В настоящей статье рассматривается специальная задача информатики и искусственного интеллекта – поиск наилучшего, оптимального пути в неоднородной природной среде. Задача представлена проблемой нахождения наилучшего пути между двумя пунктами на основе имеющихся данных о сложностях прокладки дороги на определенной местности, которые влияют на итоговые издержки. Оптимальность определяется минимальностью затрат на прокладку дороги. Приводится постановка базовой и общей задачи оптимизации пути в неоднородной среде. Представлен общий алгоритм решения с использованием генетических алгоритмов и классических алгоритмов поиска пути. Предлагается модификация алгоритмов создания популяции и скрещивания. Представлены результаты работы построенной в пакете Matlab программы для решения поставленной задачи. Разработанный алгоритм прокладывает путь, близкий к оптимальному, который может быть впоследствии улучшен.

**Ключевые слова: поиск пути, генетические алгоритмы, оптимизация**

# PATH'S OPTIMIZATION IN INHOMOGENEOUS ENVIRONMENT

**Tarasyan V.S., Polushkin A.Ya.**

*Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, e-mail: VTarasyan@gmail.com*

This article discusses a special problem of informatics and artificial intelligence – the search of the best, optimal path in an inhomogeneous natural environment. The problem presented by finding the best path between two points on the basis of available data about the difficulties of laying a road in certain areas, which affect the final costs. The optimality is determined by the minimum of the cost of construction of the road. The formulation of the basic and general problem of path optimization in an inhomogeneous environment is given. A general solution algorithm using genetic algorithms and classical pathfinding algorithms is presented. Modification of the algorithms for creating a populations and crossover is proposed. The results of the program built in the Matlab software to solve the problem is presented. The algorithm finds the path, that is close to the optimal one, which can be subsequently improved.

**Keywords: pathfinding, genetic algorithms, optimization**

Поиск пути является нетривиальной математической задачей нахождения оптимального маршрута между двумя точками алгоритмическим методом. Практическое применение решения задачи используется при моделировании различных процессов или недетерминированных машин, при работе картографических сервисов, при расчете стоимости построения дорог через сложную местность, при выборе пути робота как часть системы машинного зрения [1].

Введение неоднородности среды и использование недискретизированного рабочего пространства является одним из вариантов приближения задачи к реальной картине. При этом значительно возрастает расчетное время. Особенностью работы является применение генетических алгоритмов при решении задачи.

Основной целью статьи является описание задачи, алгоритма ее решения и демонстрация его работы на пробном рабочем поле.

## Постановка задачи

На рабочем пространстве расположены начало и конец пути, а также множество зон произвольной формы, имеющие весовые коэффициенты k, обозначающие изменение стоимости прокладки пути по поверхности зоны.

При этом любой построенный между этими точками путь можно разбить на конечное количество отрезков ненулевой длины, проходящих либо только вне зоны неоднородности, либо внутри. Этот путь можно охарактеризовать как множество вершин ломаной $P = (v_1, v_2, \ldots, v_n)$.

Решение задачи будет иметь следующий вид:

$$f = \sum_{i=1}^{n-1} R\left(v_i, v_{i+1}\right) \cdot k_j \rightarrow \min,$$

где $R(v_i, v_{i+1})$ – расстояние между двумя смежными точками пути, $k_j$ – весовой коэффициент отрезка пути, проходящего по поверхности зоны неоднородности.

По ходу решения задачи будут использоваться как классические алгоритмы поиска пути, так и генетические алгоритмы.

## Использование классических алгоритмов поиска пути в решаемой задаче

В настоящее время для алгоритмов поиска пути актуальны два показателя – про-

изводительность алгоритма и оптимальность полученного маршрута. При этом рассматриваются различные типы задачи поиска пути и дополнительные условия:

– минимизация стоимости пути,
– динамичность окружающей среды,
– неоднородность местности,
– неполнота информации.

В общем виде постановка задачи сводится к нахождению минимума значения весовой функции маршрута. Задача имеет несколько типов представления – как на поле, разбитом на квадратные или шестиугольные ячейки и представляемом в виде планарного графа, так и на непрерывном пространстве, где позиции объектов представлены в виде непрерывных значений.

Как правило, поиск пути включает два этапа – формирование графа (как набора возможных узлов будущего маршрута) и собственно самого поискового алгоритма.

Одним из используемых в решении механизмов классических алгоритмов поиска пути являются точки видимости – при обходе препятствий можно сфокусироваться на критических точках, в основном на расположенных возле вершин препятствий [2]. На основании этого механизма образуется начальное множество потенциальных вершин, которое позже будет использоваться в генетическом алгоритме.

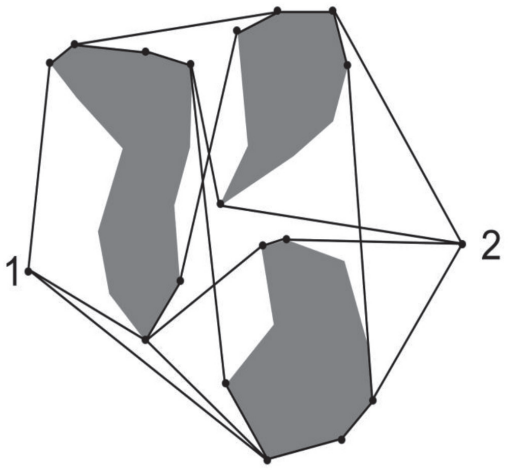



*Рис. 1. Пример образования множества точек видимости*

В ходе решения задачи классические алгоритмы поиска пути (в данном случае – трассировка вокруг препятствий) используются для формирования начального варианта пути, который в дальнейшем улучшается и дорабатывается. Пример образования множества точек видимости можно увидеть на рис. 1.

**Адаптация генетического алгоритма к специфике решаемой задачи**

Генетические алгоритмы возникли в результате наблюдения естественных процессов, происходящих в мире живых организмов, и состоят в организации эволюционного процесса, целью которого является оптимизация решения [3].

С математической точки зрения генетические алгоритмы – это алгоритмы случайного поиска, применяемые в основном для решения задач оптимизации. В них применяются аналоги механизма генетического наследования (создание следующего поколения) и естественного отбора (операции скрещивания и мутации), а также определения, заимствованные из биологии [4].

В ходе работы алгоритм формирует поколения особей по нескольким правилам, которые предполагают постепенное улучшение результата либо сохранение предыдущего уровня приспособленности [5].

Три основных типа правил:

● правила отбора – согласно этим правилам выбираются особи-родители, формирующие часть следующего поколения с помощью процесса кроссинговера,

● правила скрещивания – согласно этим правилам определяется то, каким именно будет потомок от двух определенных родителей,

● правила мутации решают, каким именно образом будет изменена конкретная особь для перехода в следующее поколение.

Классический генетический алгоритм (также называемый элементарным или простым генетическим алгоритмом) состоит из следующих этапов [6]:

1. Инициализация, или выбор исходной популяции хромосом.
2. Оценка приспособленности хромосом в популяции.
3. Проверка условия остановки алгоритма.
4. Селекция хромосом.
5. Применение генетических операторов (скрещивание, мутация).
6. Формирование новой популяции.
7. Выбор «наилучшей» хромосомы.

В рамках адаптации генетического алгоритма к задаче необходимо сопоставить понятия генетического алгоритма и задачи:

1. Особь – вариант маршрута между начальной и конечной точками, множество $P = (ш_1, v_2, \ldots, v_n)$.
2. Скрещивание – процесс формирования нового маршрута из двух готовых.
3. Потомок – маршрут, являющийся результатом скрещивания или мутации.
4. Ген – отдельная вершина маршрута $P$, $v_i$.
5. Популяция – набор различных маршрутов.

При адаптации применяемого генетического алгоритма используется множество потенциальных вершин, которое дополняется по ходу работы алгоритма и к которому должны принадлежать все вершины маршрутов популяции. Из этого множества могут быть взяты новые вершины для операции мутации. Начальное множество формируется при получении множества точек видимости и в дальнейшем дополняется при помощи операций мутации и образовании новых вершин при операции скрещивания.

Отдельно необходимо охарактеризовать операции скрещивания и мутации:

1. Мутация вершины – случайный выбор и малое перемещение координаты вершины, используемой в одном из маршрутов популяции, по границе зоны неоднородности. Добавление измененной вершины в множество потенциальных вершин.

2. Мутация маршрута – замена случайной вершины маршрута на одну из ближайших вершин, принадлежащих множеству потенциальных вершин.

3. Скрещивание маршрутов – представляет из себя замену случайной части одного родительского маршрута случайной частью маршрута другого родителя. При этом количество вершин в маршруте может изменяться:

Родитель 1 $P_1 = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_m)$

Родитель 2 $P_2 = (v_1, v_6, v_7, v_8, v_9, v_m)$

Потомок $P_3 = (v_1, v_2, v_7, v_8, v_4, v_5, v_m)$

В классическом генетическом алгоритме начальная популяция формируется случайным образом, но даже при использовании вершин, полученных с помощью механизма точек видимости генерация начальной популяции займет достаточно долго время.

Для решения данной проблемы предлагается использовать классические алгоритмы поиска пути для формирования части начальной популяции. Таким образом, часть маршрутов будет создана с помощью алгоритма трассировки и другая часть случайным образом, что позволяет достаточно быстро получить начальную популяцию достаточного размера.

Блок-схема адаптированного генетического алгоритма представлена на рис. 2.

## Результаты работы демонстрационной программы

Для проверки работы алгоритма была построена программа в среде *Matlab*. Разработка программы была разбита на два этапа – решения базовой задачи, где на рабочем поле присутствует только одна зона неоднородности, и разработка программы решения общей задачи (с присутствием множества подобных зон).

Для решения базовой задачи использовалась зона неоднородности простой формы, расположенная между начальной и конечной точками. Программа использовалась для различных вариантов весового коэффициента зоны. На рис. 3 представлено изменение оптимального маршрута при постепенном увеличении весового коэффициента.

*Рис. 2. Блок-схема используемого генетического алгоритма*

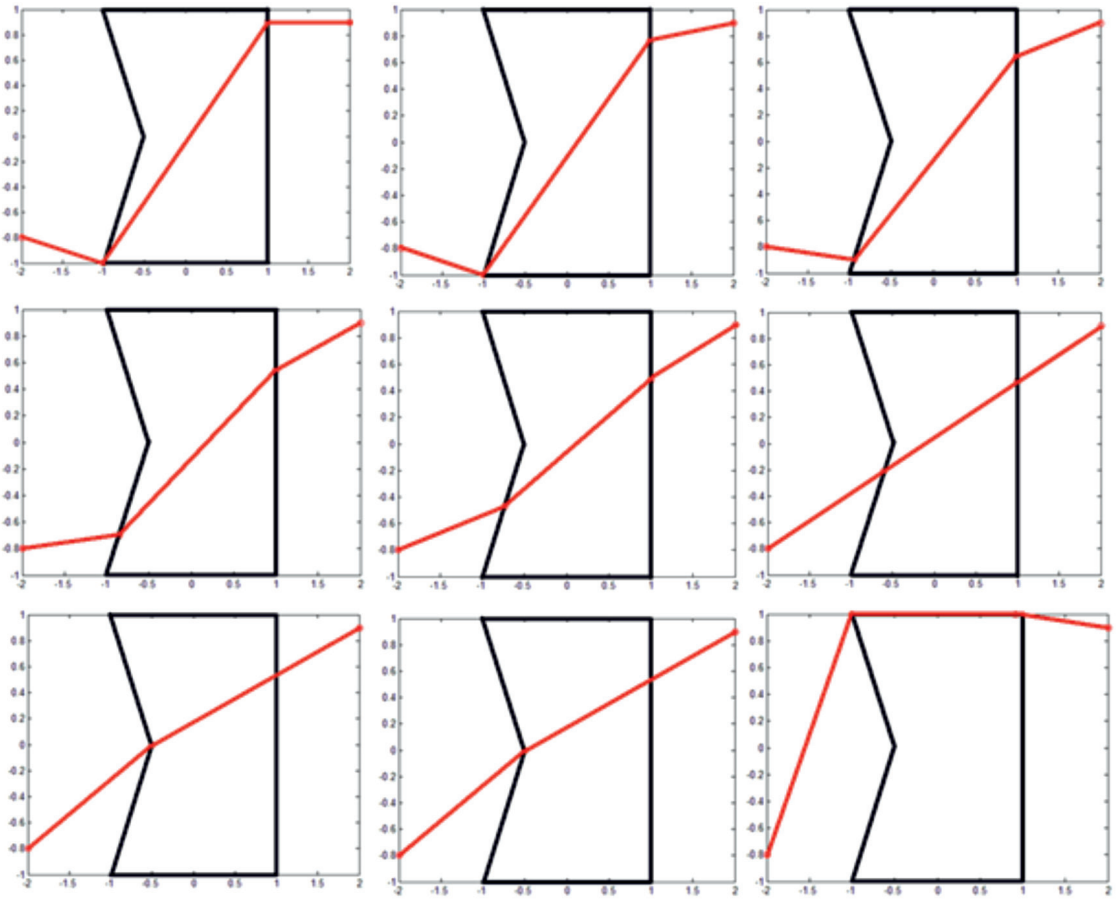


*Рис. 3. Оптимальный маршрут при изменении весового коэффициента от 0 до 1,6*

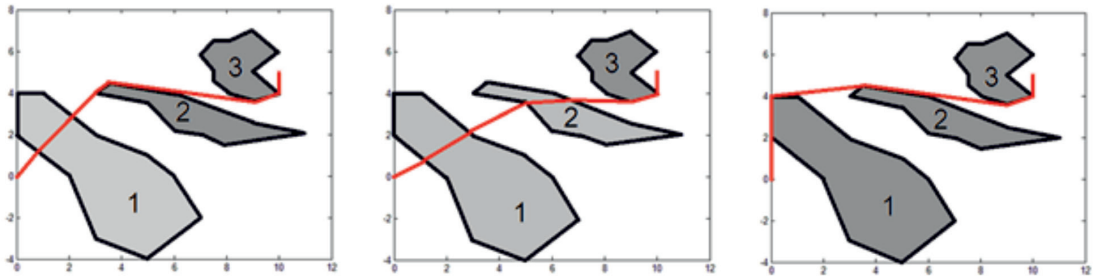



*Рис. 4. Оптимальный маршрут при изменении весового коэффициента зон*

Для решения общей задачи было сгенерировано рабочее поле с несколькими зонами неоднородности. По ходу решения задачи она множество раз разбивается на варианты базовой. Алгоритм был проверен при одинаковых формах и местоположении зон, но различных показателях весовых коэффициентов:

1. Коэффициенты зон неоднородности соответственно $k1 = 1{,}5$; $k2 = 2$; $k3 = 2$.

2. Коэффициенты зон неоднородности соответственно $k1 = 1{,}5$; $k2 = 1{,}5$; $k3 = 2$.

3. Коэффициенты зон неоднородности соответственно $k1 = 2$; $k2 = 2$; $k3 = 2$.

На рис. 4 представлено изменение полученного оптимального маршрута в рабочем поле при изменении весовых коэффициентов различных зон.

**Заключение**

В статье представлено решение, позволяющее найти оптимальный путь от начальной точки до пункта назначения на рабочем пространстве, содержащем множество зон

неоднородности. При этом использовались как механизмы классических алгоритмов поиска пути, так и генетические алгоритмы. Результаты показывают работоспособность используемого алгоритма. Дальнейшим развитием работы будет оптимизация и улучшение используемого генетического алгоритма, применение его в более сложных системах.

### Список литературы

1. Sturtevant N.R., Geisberg R. A comparison of High-Level Approaches for Speeding Up Pathfinding, AAAI Publications, Sixth Artificial intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference, 2010. – P. 76–82.

2. Karaman S., Frazzoli E. Sampling-based algorithms for optimal motion planning // International Journal of Robotics Research. – 2011. – vol. 30, № 7. – P. 846–894.

3. Потапов А.С. Технологии искусственного интеллекта. – СПб.: ИТМО, 2010. – 218 с.

4. Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. – М.: Горячая линия-телеком, 2010. – 520 с.

5. Тарасян В.С., Полушкин А.Я. Транспортная задача с посредником и ее решение эволюционными методами // Инновационный транспорт. – 2013. – № 3 (9). – С. 29–32.

6. Goldberg D. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning / D. Goldberg. – Massachusetts: Addison-Wesley, 1989. – 372 p.

УДК 338.2

# ВЛИЯНИЕ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ЭКОНОМИКУ РФ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Базаров Р.Т., Синетова Р.Г., Басырова Э.И., Тишкина Т.В.**

*Зеленодольский институт машиностроения и информационных технологий КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, Зеленодольск, e-mail: rustam.baz.ru@mail.ru, rsinetova@mail.ru, elmira_basyrova@mail.ru, tvt879@mail.ru*

В данной статье были проанализированы сущность антикризисного управления, его виды и особенности управления в современной концепции государства. Выявлены обстоятельства актуальности и необходимости антикризисного управления в России, определены проблемы антикризисного управления на крупных промышленных предприятиях. Также в статье определены периоды и виды антикризисного управления предприятиями в современных условиях развития страны. Сформированы виды и особенности антикризисного управления в современной концепции РФ. Разработан такой механизм антикризисного управления, который способен обеспечивать решение сразу нескольких взаимосвязанных задач для экономики страны в целом. В заключении данной статьи был представлен поэтапный механизм обеспечения устойчивого развития бизнеса**,** который позволит повысить положительное влияние на антикризисное управление предприятиями, на экономику РФ в современных условиях.

**Ключевые слова: антикризисное управление, антиципативное управление, превентивное антикризисное, реактивное антикризисное управление, реабилитационное антикризисное управление, бизнес**

# THE IMPACT OF ANTI-CRISIS MANAGEMENT OF ENTERPRISES ON THE ECONOMY OF THE RUSSIAN FEDERATION IN MODERN CONDITIONS

**Bazarov R.T., Sinetova R.G., Basyrova E.I., Tishkina T.V.**

*Zelenodolsk Institute of Engineering and Information Technology KNRTU – KAI named after A.N. Tupolev, Zelenodolsk, e-mail: rustam.baz.ru@mail.ru, rsinetova@mail.ru, elmira_basyrova@mail.ru, tvt879@mail.ru*

This article analyzed the essence of crisis management, its types and peculiarities of management in the modern concept of the state. Identified circumstances the relevance and necessity of crisis management in Russia, identified the problems of crisis management at large industrial enterprises. The article also identifies periods and types of crisis management of enterprises in modern conditions of development of the country. The generated types and characteristics of crisis management in the modern concept of the Russian Federation. Developed a crisis management that is able to provide a solution to several interrelated problems for the economy as a whole. In conclusion, this article has presented a mechanism of gradual sustainable business development that will increase the positive impact on crisis management of enterprises in the Russian economy in modern conditions.

**Keywords: crisis management, antitsipativny management, preventive crisis, jet crisis management, rehabilitation crisis management, business**

Система антикризисного управления в России в настоящее время терпит сложности в нынешних условиях экономики. Поэтому актуальность и необходимость изменения системы антикризисного управления состоит в следующем:

– смена власти в стране;

– резкая перестройка системы военной промышленности государства;

– создание и появление отечественного рынка товаров и услуг для зарубежных партнеров;

– создание и открытие новых коммерческих организаций после разрушения плановой экономики.

Таким образом, вышеперечисленные направления стали причиной перехода почти к распаду и экономического и финансового положения отечественных предприятий, фирм и организаций. На сегодняшний день менеджеры крупных и средних компаний должны решать такие задачи, которые позволят сократить и предотвратить кризисные явления экономики страны и обеспечить устойчивое положение своих предприятий в современных условиях экономики.

Возникшие проблемы антикризисного управления в экономике страны вызвана процессами проводимых в Российской Федерации экономических и социальных реформ, что очень сильно отражается на несостоятельных и менее мелких предприятиях государства. Государству необходимо либо помочь несостоятельным предприятиям путем реорганизации и смены сферы деятельности, либо их полностью исключить из экономической жизни страны.

Необходимо более эффективно использовать институт банкротства страны, который позволит не только перестроить работу самих предприятий, но и улучшить финансовое и экономическое положение всех хозяйствующих субъектов, который позволит

снизить объем неплатежей. Любое выявление банкротства неэффективно работающих и экономически слабых крупных и средних предприятий будет способствовать повышению эффективности как экономической жизни хозяйствующих субъектов, так и экономики страны в целом.

Отлаженная система антикризисного управления будет способствовать созданию условий конкурентного преимущества в течение длительного периода жизни хозяйствующего субъекта, которые будут производить свою продукцию, пользующуюся спросом на отечественном и зарубежных рынках, а также получать необходимую прибыль для покрытия своих договоренностей и обязательств перед другими участниками экономики страны.

Таким образом, данные по выводу предприятий и организаций из кризисной экономической и финансовой ситуации аргументируется антикризисным управлением.

Система антикризисного управления должна быть построена стратегически верно и правильно по отношению имеющихся ресурсов у хозяйствующих субъектов, а также постоянно развиваться в этом направлении, создавать все более инновационную систему антикризисного управления, которая будет удовлетворять требованиям выживания в той или иной ситуации.

Сущность антикризисного управления раскрывается в следующих положениях:

1) кризисы можно предвидеть, отодвигать или ускорять;

2) кризисы можно смягчать и минимизировать их последствия;

3) управление в условиях кризиса требует специальных знаний, опыта и искусства;

4) кризисные процессы могут быть до известного предела управляемыми.

Антиципативное управление – самый новый вид антикризисного управления, который требует заблаговременной проработки вариантов реагирования на негативные явления и факторы с целью применения антикризисных мер. Антиципативное управление проводится даже раньше, чем возникают и могут быть обнаружены самые слабые и ранние признаки кризисных явлений, на той стадии развития защищаемого объекта, когда в его жизнедеятельности все еще позитивно. При этом учитываются возможности негативного развития событий с целью обеспечения объекта управления вариантами и инструментами готовности к любому развитию событий [4].

Такой подход применяется в различных сферах деятельности, в частности в военном деле, в дипломатии, при обеспечении защиты информации. В последнее время и в смежных с антикризисным управлением областях также наблюдается развитие данных подходов, в том числе при решении задач обеспечения противодействия чрезвычайным ситуациям, защите от негативных событий в банковской сфере (стресс-тестирование) и др.

Превентивное антикризисное управление проводится после обнаружения признаков кризиса, при которых негативные явления имеют тенденцию развиваться и становиться сильнее при отсутствии своевременно принятых адекватных блокирующих мер. Кроме того, даже в случае невозможности полного предотвращения кризиса в ряде случаев достигается снижение негативных факторов на ранних стадиях, что позволяет уменьшить негативные последствия кризиса вообще. Именно поэтому превентивное антикризисное управление имеет очень важное значение в рассматриваемой цепочке [1].

Превентивный подход нашел широкое развитие в современной концепции антикризисного управления, в том числе в работах, посвященных превентивному управлению неплатежеспособными организациями и в качестве важной части современного менеджмента – антикризисного менеджмента. Превентивное управление осуществляется методами менеджмента и преимущественно за счет внутренних ресурсов системы. Однако в случае недостаточности ресурсов для нейтрализации кризисных процессов антикризисный менеджмент (превентивное антикризисное управление) не в состоянии противостоять кризису.

Реактивное антикризисное управление проводится в случае наступления кризиса, применяются специфические методы антикризисного управления – санация и антикризисная реструктуризация. При этом широко используется привлечение внешних финансовых, правовых, организационных и кадровых ресурсов. Причем реактивное управление применяется как системами макро-, так и микроуровня.

Важнейшей составляющей антикризисного управления является арбитражное управление организациями, в отношении которых рассматривается дело о банкротстве. При этом наиболее распространенным заблуждением является то, что именно возбуждение дела о банкротстве вызывает кризис в организации. Однако справедливо обратное утверждение – возбуждение дела о банкротстве является результатом кризиса и последним инструментом для сохранения хозяйствующего субъекта во-

преки кризису. В данной монографии авторы отстаивают точку зрения, что основной задачей института банкротства является не перераспределение собственности на средства производства, которыми владеют неплатежеспособные организации, а сохранение работоспособного бизнеса (а не прав собственности на него!) при наличии таких возможностей.

Реабилитационное антикризисное управление – наименее исследованный вид антикризисного управления, который соответствует медицинскому термину – послеоперационное выхаживание. При этом важно не только сохранение объекта управления, но и недопущение ухудшения его финансового состояния, пока он еще слаб и нуждается в особой защите. Кроме того, реабилитационное управление выполняет функции оздоровления экономического пространства после завершения кризиса. При этом в случае сохранения системы или ее части в работоспособном состоянии ее необходимо поддержать. В случае разрушения системы необходимо минимизировать отрицательные последствия для людей, связанных с этой системой (включая работников организации), а также обеспечить для оставшихся ценностей новое применение [2].

Примером такого варианта развития событий является ликвидация нерентабельных и неплатежеспособных организаций в ходе конкурсного производства, при которой имущество должника распродается на торгах и приобретается новыми собственниками, а персонал ликвидируемого предприятия увольняется, что требует обеспечения социальной поддержки работников, их переобучения и помощи в трудоустройстве. В таблице представлены основные особенности, цели и принципы различных видов антикризисного управления [3].

В настоящее время в экономике страны сложилась непростая ситуация, когда насущной необходимостью стало обеспечение поступательного развития и устойчивости к неблагоприятным факторам развития субъектов экономической деятельности и прежде всего организаций реального сектора экономики. Этому способствует турбулентность мировой экономической системы и санкционная политика ряда западных стран в отношении России. В соответствии с современной концепцией антикризисного управления может быть синтезирован общий механизм устойчивого развития бизнеса за счет обоснованного и своевременного применения различных специфических антикризисных подходов. Такой механизм должен обеспечивать решение нескольких взаимосвязанных задач:

1. Заблаговременную проработку вариантов неблагоприятного развития событий и подробный план действий на случай появления негативных явлений.

2. Выявление «сигнальных» показателей и их критических значений, на основании которых можно обнаружить появление негативных факторов, организацию непрерывного наблюдения за состоянием системы и указанными показателями (мониторинг и диагностика).

3. Адекватное и незамедлительное реагирование на обнаруженные негативные явления посредством применения заранее проработанных антикризисных мер.

Виды и особенности антикризисного управления в современной концепции РФ

| Вид антикризисного управления | Цель | Особенности | Реализуемый принцип антикризисного управления |
|---|---|---|---|
| Антиципативное | Наилучшим образом подготовиться к кризису | Требует затрат ресурсов, когда реальной угрозы еще нет | Предварительная разработка моделей реагирования и поведения в случае кризиса |
| Превентивное | Купировать кризисные явления прежде, чем они разовьются | Объективно не может предотвратить все кризисы, но снижает их опасные последствия | Чем раньше обнаружить кризис, тем легче с ним справиться |
| Реактивное | Сохранение деятельности во время кризиса и поиск способа вернуться в стабильное состояние | В отличие от менеджмента – не связано с необходимостью защищать интересы собственников объекта управления | Неважно, кому принадлежит объект управления, главное, чтобы он мог эффективно функционировать |
| Реабилитационное | Усилить сопротивляемость объекта управления после завершения кризиса. Снизить негативные социальные последствия | Нет разработанной теории и системно применяемой практики | Обновляющий потенциал кризиса следует использовать для развития |

4. В случае невозможности самостоятельно справиться с негативными процессами привлечение внешних финансовых, интеллектуальных и административных ресурсов, в том числе переход в специальные правовые режимы и процедуры.

5. Минимизация негативных социальных и экономических последствий после разрешения кризисной ситуации.

В рамках разрабатываемого механизма исследуем возможности объединения методов обеспечения непрерывности бизнеса и методов реабилитации бизнеса в процедурах банкротства на разных последовательных этапах [5].

В современной концепции антикризисного управления четыре охарактеризованные выше вида обычно рассматриваются по отдельности. В частности, приверженцы превентивного антикризисного управления обычно не видят большой потребности в активной деятельности до тех пор, пока не обнаружатся хотя бы слабые (но явные) проявления кризиса, что обосновывается тем, что любые превентивные антикризисные меры требуют расходов ресурсов, влекут за собой затраты, которые обычно не были заранее предусмотрены. Поскольку, как было указано выше, превентивные меры применяют преимущественно менеджеры, назначенные собственниками, то и обосновать упомянутые расходы перед этими собственниками они могут только в случае, когда имеют возможность доказать собственникам (деньги которых расходуют), что действительно возникла реальная угроза.

В отличие от такого подхода антиципативное антикризисное управление требует заблаговременной подготовки к кризису с расходованием определенных ресурсов времени и финансовых ресурсов фактически на то, чего еще нет, когда угроза является еще «виртуальной». Но в конечном счете такая подготовка оправдывается, так как экономит время и финансовые средства для организации эффективного реагирования в тот момент, когда появляется реальная опасность. Существенным элементом антиципативного управления и превентивного управления является организация мониторинга состояния защищаемого объекта. Реактивное и реабилитационное антикризисное управление кардинально отличаются от антиципативного и превентивного тем, что широко используют внешние ресурсы, а также не ограничены условиями обязательного соблюдения прав собственности. При этом главным приоритетом является сохранение работоспособной структуры. Разобщенность и разрозненность данных видов антикризисного управления мешает выстроить результативную систему антикризисного реагирования. Вместе с тем все эти виды антикризисного управления могут органично дополнять друг друга и использоваться в едином механизме. В монографии предлагается рассматривать перечисленные виды антикризисного управления в качестве этапов (периодов) работы единого механизма. В этом механизме основные принципы и виды антикризисного управления применены для управления системами экономики микроуровня с целью обеспечения устойчивого развития бизнеса, осуществляемого такими системами.

Необходимым элементом рассматриваемого механизма, элементом, который заслуживает того, чтобы он был специально вынесен на схему, является мониторинг ситуации и состояния объекта управления. Мониторинг организуется на этапах антиципативного и превентивного антикризисного управления и должен сохраняться на всех других этапах как информационная база для принятия решений и контроля за эффективностью применяемых антикризисных инструментов.

Бизнес (экономическую деятельность) осуществляют зарегистрированные в установленном порядке организации (юридические лица), в собственности которых, хозяйственном ведении или оперативном управлении находится обособленное имущество, которым при определенных обстоятельствах они отвечают по своим обязательствам. С точки зрения современной концепции антикризисного управления широко применяемое понятие «предприятие» является не объектом управления (и права), а субъектом и представляет собой имущественный комплекс, необходимый организации для осуществления бизнеса.

Неблагоприятные факторы развития и факторы кризиса оказывают негативное влияние на деятельность организации и ее бизнес. На первом и втором этапах антикризисные меры, применяемые менеджментом данной организации, направлены на сохранение именно организации. Если удается предотвратить кризис, то автоматически сохраняется и бизнес этой организации, что в большинстве случаев и происходит.

Но, как было отмечено выше, бывают случаи, когда ресурсов и возможностей системы, которые ей доступны, недостаточно, и кризис переходит в фазу, когда требуется участие внешних сил и привлечение внешних ресурсов. Соответственно, на первый план выходят интересы «внешних игроков», включая кредиторов организации и государственные органы, со значительным снижением роли и интересов собствен-

ников организации. Возникает вопрос – что приоритетно нужно сохранять в ходе реактивного и реабилитационного управления – организацию, которая неудачно управляла своим предприятием, или бизнес, который она осуществляла?

Современная концепция антикризисного управления дает однозначный ответ на этот вопрос – в интересах субъектов рыночной экономики, государства и общества подлежит сохранению бизнес неплатежеспособного должника. И только во вторую очередь (если получится) можно стараться сохранить и самого неплатежеспособного должника – организацию.

**Список литературы**

1. Базаров Р.Т. К вопросу о совершенствовании процессов управления развитием инновационной экономики в России // Инновационная деятельность. Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 4. – С. 55–60.

2. Гуреева М.А. Основы экономики машиностроения: учебник для нач. проф. образования / М.А. Гуреева. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 208 с.

3. Российский статистический ежегодник. 2010: Стат. сб. / Росстат. – М., 2010. – 813 с.

4. Россия в цифрах. 2017: Крат. стат. сб. / Росстат. – М., 2017. – 581 с.

5. Сайфиева С.Н. Машиностроительный комплекс в структуре российской экономики // Вестник университета. – 2008. – № 6 (16). – С. 108–114.

УДК 332.122.5:631.145

# РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ, РАЗМЕЩЕНИЯ И ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АПК СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

**Бессонова Е.В., Утенкова Т.И.**

*Сибирский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства СФНЦА РАН, Краснообск, e-mail: utain@mail.ru*

Рассмотрены критерии оценки специализации, размещения и государственного регулирования АПК Сибирского федерального округа. Среди множества организационно-экономических факторов, влияющих на развитие агропромышленного комплекса, рациональное размещение, углубление специализации и государственного регулирования отраслей АПК имеет важное значение. Воздействие рационального размещения и специализации на темпы роста производства и производительности труда по своей эффективности не может быть заменено никакими другими организационно-техническими и технологическими факторами и мероприятиями. В условиях выраженной природно-климатической разнородности территории страны, особенно Сибирского региона, очень важным является применение механизма регулирования на основе региональных экономически значимых целевых программ. Программы направлены на техническое и технологическое переоснащение, создание экономических условий устойчивого развития приоритетных отраслей. При прохождении защиты на федеральном уровне представленных экономически значимых программ регионы получают возможность софинансирования их из федерального бюджета.

**Ключевые слова: размещение, специализация, эффективность, критерии, показатель, оценка, регионы, механизм, территория, регулирование, бюджет, программы, отрасли**

# DEVELOPMENT OF CRITERIA FOR EVALUATION OF SPECIALIZATIONS, THE PLACEMENT AND STATE REGULATION OF AGRICULTURAL COMPLEX OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT

**Bessonova E.V., Utenkova T.I.**

*Siberian Research Institute of Agricultural Economics SFNCE RAS, Krasnoobsk, e-mail: utain@mail.ru*

Considered the evaluation criteria of specialization, location, and state regulation of agricultural complex of the Siberian Federal district. Among the many organizational and economic factors influencing the development of agricultural sector, rational distribution, deepening of specialization and state regulation of agricultural industries is important. The impact of the rational allocation and specialization on the growth rate of production and productivity in its effectiveness cannot be replaced by any other organizational-technical and technological factors and events. In conditions of pronounced natural and climatic heterogeneity of the territory of the country, especially in the Siberian region, it is very important to use the regulatory mechanism on the basis of regional economically significant target programs. The programs are aimed at technical and technological re-equipment, creation of economic conditions for sustainable development of priority sectors. With the passage of the defense at the federal level, represented by economically significant programs, the regions are able to co-finance them from the federal budget.

**Keywords: location, specialization, efficiency, criteria, indicator, assessment, regions, movement, territory, regulation, budget, program, industry**

Производство качественной сельскохозяйственной продукции является основным функциональным назначением агропромышленного комплекса. Одним из условий увеличения и удешевления производства продукции является рациональное размещение аграрного производства по природно-экономическим зонам, которое способствует эффективному использованию земельных, материально-денежных и трудовых ресурсов, а также сокращению транспортных затрат.

Критерием оценки размещения, специализации и государственного регулирования производства продуктов сельского хозяйства является уровень удовлетворения потребностей населения в разнообразной и доброкачественной продукции, произведенной там, где затраты общественно необходимого труда (живого и овеществленного) на получение единицы этой продукции являются наименьшими.

Такой критерий отражает сущность производства – занимать ведущее место в управлении производством на всех уровнях: на предприятиях, в отраслях, в народном хозяйстве, служить ориентиром при выборе наиболее рациональных вариантов использования земельных и материальных ресурсов.

При выборе критерия оценки сельскохозяйственного производства необходимо умение приспосабливаться к изменениям внешней среды и при этом выдерживать курс на укрепление продовольственной безопасности страны, на достижение конкурентоспособности и эффективного государственного регулирования. В.П. Орешин

отмечал, что основным критерием должны быть не темпы проведения реформ, а минимизация потерь национального богатства, достижение реального улучшения жизни населения [1, 2]. Усилить контролирующий механизм эффективного использования земель в сельскохозяйственном производстве, развивать новые хозяйства, способные производить и реализовывать конкурентоспособную продукцию, позволяют методы и инструменты государственного регулирования агропромышленного производства,

**Целью исследования** является разработка критериев оценки специализации, размещения и государственного регулирования АПК Сибирского федерального округа (СФО).

## Материалы и методы исследования

Уровень продовольственного самообеспечения регионов и в конечном итоге обеспечение продовольственной безопасности страны определяет эффективное развитие и состояние агропромышленного комплекса Сибирского федерального округа.

Сибирский федеральный округ отличается наличием обширных территорий со сложными условиями для развития сельского хозяйства. Несмотря на суровые природно-климатические условия, Сибирь считается важным районом России, участвующим в формировании фондов продовольствия как для внутрирегионального потребления, так и для межрегионального продуктообмена [3]. Специализация выступает как форма выражения общественного разделения труда и экономических отношений, является важнейшим направлением развития сельскохозяйственного производства, для эффективного использования земли, труда и капитала.

Вместе с основным критерием, характеризующим общую цель развития всей экономики, можно отметить локальные критерии, которые отражают экономическую эффективность отдельных отраслей материального производства. При этом важную роль необходимо отвести государственному регулированию, обеспечивающему рациональную структуру экспорта и импорта производимой продукции.

Критерий эффективности производства мяса, молока, зерна отражает особенности и конечную цель функционирования его как отрасли материального производства [1]. При оценке эффективности размещения и специализации сельскохозяйственного производства необходимо удовлетворение разнообразных потребностей общества в сельскохозяйственной продукции, высокая производительность труда в различные периоды сельскохозяйственного года, продуктивность земли и повышение плодородия почвы.

При оценке эффективности специализации, размещении и государственного регулирования сельского хозяйства необходим принцип производства максимума продукции с единицы площади при минимальных издержках. Разработка критерия оценки размещения, специализации и государственного регулирования вытекает из требований рыночной экономики. Именно такой критерий оценки отражает не только производство максимального количества продукции с единицы земельной площади при минимальных издержках производства, но и удовлетворение населения продовольствием, обеспечение конкурентоспособности производимой продукции на внутреннем и мировом агропродовольственных рынках.

При соблюдении особенностей ведения сельскохозяйственного производства учитываются составляющие сельского хозяйства, такие как технологические, экономические, социальные, организационные и экологические, а экономические показатели специализации, размещения и государственного регулирования агропромышленного производства предполагают характер использования основных факторов производства – рабочей силы, средств труда и предметов труда. Существует основная группа показателей:

– эффективности (производство продукции, рентабельность производства, объем реализации, себестоимость продукции, валовой и чистый доход, прибыль);

– эффективности использования трудовых ресурсов (производство валовой и товарной продукции на одного работника, численность производственного и управленческого персонала, уровень механизации и автоматизации труда и др.);

– использования основных средств производства (фондоемкость, объем инвестиций, коэффициент обновления основных фондов, срок окупаемости инвестиций);

– повышение результативности выполнения программ финансирования сельского хозяйства;

– увеличение инвестиций в сельское хозяйство;

– сохранение производственно-экономических связей и развитие рыночной и производственной инфраструктуры;

– поддержание жизненного уровня людей и спроса на основные пищевые продукты, сокращение роста безработицы и т.д. [4–7].

## Результаты исследования и их обсуждение

Первый критерий – роль и место аграрной отрасли в экономике Сибирского федерального округа.

Рассматриваются такие показатели: доля сельского населения в общей численности, доля занятых в сельском хозяйстве, доля сельского хозяйства в валовом региональном продукте, основных фондах и инвестициях.

Сельское хозяйство в экономике СФО играет более значительную роль, чем в среднем по России. Об этом свидетельствуют такие показатели, как доля сельского населения в общей численности: в СФО – 27,2, РФ – 25,8; доля занятых в сельском хозяйстве: в СФО – 9,9, РФ – 9,2; доля сельского хозяйства в валовом региональном продукте (ВРП): СФО – 5,9, РФ – 4,8; доля сельского хозяйства в основных фондах: СФО – 3,8, РФ – 2,7. Однако такой показатель, как доля сельского хозяйства в инвестициях, в СФО ниже среднероссийского уровня: в СФО – 2,6, в РФ – 3,7.

Более значительна роль сельского хозяйства для экономики таких сибирских регио-

нов, как Алтайский край (регион занимает ведущее положение по всем показателям), Омская область, Республика Алтай.

Несмотря на суровые природно-климатические условия значительной части территории Сибири, регион является крупнейшим производителем продовольствия на востоке Российской Федерации. В 2016 г. СФО занимал 4 место по производству зерна, 3 место по производству картофеля, 3 место по производству мяса, 3 место по производству молока и 3 место по производству яиц среди российских федеральных округов.

Второй критерий – роль и место СФО в производстве сельхозпродукции в целом по стране, роль и место сибирских регионов в производстве сельхозпродукции по СФО. Структурные сдвиги в производстве сельхозпродукции, происходящие в регионах СФО.

Основными показателями здесь являются – доля федерального округа в производстве валовой продукции; доля федерального округа в производстве основных видов сельхозпродукции в натуральном выражении: зерно, картофель, овощи, мясо по видам, молоко, яйцо.

Место СФО в производстве сельхозпродукции в целом по стране можно оценить по удельному весу сибирского региона в общем объеме валовой продукции в сопоставимых ценах, а также по удельному весу региона в производстве сельхозпродукции в натуральном выражении: зерно, картофель, овощи, мясо по видам, молоко, яйцо. Представление информации по федеральным округам через ранги позволяет показать место СФО в общероссийском разделении труда. Сопоставление рангов по годам дает представление об изменении роли СФО в общем производстве сельскохозяйственной продукции. Ранжирование субъектов РФ по изменению удельного веса в производстве сельскохозяйственной продукции (прирост, уменьшение доли) дает представление о темпах структурных сдвигов, происходящих в российских регионах, в том числе и в СФО.

В 1990 г. удельный вес Сибирского федерального округа в производстве валовой продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах) составлял 14,7%, или четвертое место среди федеральных округов. В 2016 г. в общем рейтинге СФО сохранил за собой 4 место с удельным весом в общем производстве в 12,5%, т.е. при уменьшении доли на 2,5%. Это седьмой результат из восьми по приросту (уменьшению) доли производства валовой продукции среди федеральных округов.

Для оценки территориального разделения труда в производстве отдельных продуктов целесообразно провести аналогичные расчеты – по доле СФО в общероссийском производстве отдельных видов сельхозпродукции.

По отдельным видам сельхозпродукции сибирский регион сохранил за собой позиции дореформенного периода. Так, по производству зерна, картофеля, мяса КРС и свиней, молока и яиц прирост доли СФО в общероссийском производстве составил: по зерну 0,1%, по картофелю 0,4%, по мясу КРС – 1,1%, мясу свиней – 0,1%, Прирост доли СФО в общем производстве молока составил 0,3%, в производстве яиц – 0,7%. По производству овощей темпы роста в СФО были ниже, чем в среднем по стране. В 2016 г. снижение доли в общем производстве овощей по стране на 1,4%. Отстают темпы роста от средних по стране по мясу овец и коз, мясу птицы.

Среди сибирских регионов зерновое производство наиболее стабильно развивается в Алтайском крае и Омской области. Прирост производства зерна в Алтайском крае в 2016 г. по сравнению с 1990 г. составил около 1,6 млн.т, или 48,8%. Регион уверенно сохраняет позиции лидера сибирской зерновой отрасли. За анализируемый период Алтайский край увеличил свою долю в зерновом производстве на 9,6% и в рейтинге сибирских регионов уверенно занимает первое место [8]. Положительные тенденции в зерновой отрасли складываются в Омской области. В 2016 г. в регионе было произведено около 3,3 млн.т зерна, что на 1,4 млн.т, или 43,8% больше уровня 1990 г. В общем рейтинге среди сибирских регионов Омская область заняла 2-е место, с приростом доли в общем производстве зерна на 5,97%. Это позволило региону перейти с четвертой на вторую позицию, повысив свой рейтинг на 2 позиции.

Такие крупные зерновые регионы, как Новосибирская область и Красноярский край, ослабили свои позиции. В 2016 г. производство зерна в Новосибирской области составило 2,34 млн.т, с приростом производства на 3,3% к уровню 1990 г.. Темп роста зерна в Новосибирской области оказался ниже, чем в среднем по СФО (4,2%). В результате этого в рейтинге сибирских регионов Новосибирская область перешла с третьей на четвертую позицию с сокращением доли в общем производстве зерна на 0,14%. Производство зерна в Красноярском крае за анализируемый период сократилось на 316,1 тыс.т, или 11,8% к уровню 1990 г. В общем рейтинге по СФО регион перешел со второй на третью позицию с уменьшени-

ем доли на 2,9%. На федеральном и региональном уровнях принимаются решения по государственному регулированию в агропромышленном производстве, которые опираются на индикаторы результативности с учетом возможностей каждого региона.

На эффективность развития специализации, размещения и государственного регулирования сельскохозяйственного производства оказывает влияние множество технических, технологических, организационных и экономических факторов. На действие указанных факторов оказывают влияние внешние, отраслевые и внутрихозяйственные условия производства [9].

Главной особенностью внешних условий является научно-технический прогресс, опирающийся на прогрессивные типовые проекты сельскохозяйственных предприятий, новое современное оборудование, высококачественные корма, сорта зерновых культур, картофеля и овощей, современные формы организации производства и др.

Отраслевые условия предполагают выведение новых высокопродуктивных пород животных и кроссов птицы, внедрение перспективных и совершенствование существующих технологий выращивания животных, обоснование перспективных уровней развития отрасли, ее размещения, специализации, кооперации.

Внедрение прогрессивных технологий, улучшение селекционно-племенной работы, улучшение качества готовой продукции, режим экономии кормов, топлива, электроэнергии и других материальных ресурсов, повышение квалификации кадров, улучшение социально-бытовых условий жизни селян способствует эффективному развитию сельскохозяйственного производства [9]. Предприятия, которые реализуют возможности науки, и достижения научно-технического прогресса мирового уровня, а также располагают высококвалифицированными специалистами, могут эффективно конкурировать, способны обеспечить страну в достаточном объеме продовольствием и создать продовольственную безопасность. А внедрение инновационных разработок способствует снижению затратного механизма при производстве сельскохозяйственной продукции.

Главная задача – сохранение и развитие научно-технического потенциала аграрного сектора экономики и создание максимально возможных условий для использования результатов его функционирования. Развитие агропромышленного производства Сибирского федерального округа происходит под знаком научно-технического развития, что означает постепенный процесс организационного, технического, технологического и социально-экономического обновления села на основе широкомасштабного использования достижений научно-технического прогресса. Поэтому действие факторов научно-технического прогресса, содержащих самые различные его направления, должно происходить в комплексе и взаимодействовать между собой.

**Выводы**

Для стимулирования рационального размещения, специализации и государственного регулирования развития агропромышленного производства является проведение разумной внешнеэкономической политики, регулирование экспорта-импорта. При исполнении внешнеэкономической деятельности для отечественных товаропроизводителей должны быть сформированы благоприятные условия на отечественном рынке.

Своевременность принятия решений по государственному регулированию в агропромышленном производстве с учетом возможностей каждого региона будет способствовать дальнейшему развитию агропромышленного производства.

Сложившаяся специализация в СФО обеспечивает потребности в продовольствии, и значительное количество его вывозится за пределы региона. Стратегически важно ориентировать каждый регион на реальные перспективы, которыми они располагают, а также иметь схему районирования развития производительных сил применительно к конкретным условиям.

Разработка критериев оценки размещения, специализации и государственного регулирования агропромышленного производства Сибирского федерального округа отражает производство максимального количества продукции с единицы земельной площади при минимальных издержках производства, служит ориентиром при выборе наиболее рациональных вариантов использования земельных и материальных ресурсов.

**Список литературы**

1. Матвеева Е.М. Система показателей, характеризующих специализацию сельскохозяйственного производства // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1. Экономика и управление. – 2012. – № 2. – С. 4–8.

2. Бессонова Е.В., Утенкова Т.И. Методические основы совершенствования организационно-экономического механизма размещения и специализации продуктовых подкомплексов сибирского региона // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4(41) октябрь-декабрь. – С. 149–155.

3. Межрегиональная схема размещения и специализации сельскохозяйственного производства в субъектах

Российской Федерации Сибирского федерального округа: рекомендации / ФГБНУ СФНЦА РАН. – Новосибирск, 2016. – 283 с.

4. Тю Л.В., Шавша Н.А. Государственная поддержка инвестиционной деятельности в сельском хозяйстве Сибири // Вестник НГАУ. – 2014. – № 2. – С. 194–198.

5. Першукевич П.М., Тю Л.В., Гриценко Г.М. Состояние и перспективы социально-экономического развития агропромышленного производства Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2014. – № 5.– С. 131–138.

6. Афанасьев Е.В., Рудой Е.В. Основные задачи и пути развития АПК по улучшению продовольственного обеспечения населения СФО // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2(22). – С. 268–274.

7. Рудой Е.В., Афанасьев Е.В., Федяев П.В., Лукьянов К.И. Влияние территориально-отраслевой структуры на развитие сельскохозяйственного производства в Сибирском федеральном округе // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 7. – С. 74–80.

8. Борисова О.В., Грибовский С.А. Развитие внешнеэкономической деятельности Алтайского края на продовольственном рынке // Формирование конкурентоспособной экономики АПК региона: теоретический и практический аспекты: материалы XIII Международной научно-практической конференции. Барнаул, 23–24 сентября 2014 г. / Алтайский отдел ФГБНУ СибНИИЭСХ; под науч. ред. Г.М. Гриценко. – Барнаул: Алтайский дом печати, 2014. – С. 271–275.

9. Утенкова Т.И. Повышение экономической эффективности производства мяса бройлеров (на материалах Новосибирской области): автореф. дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / Т.И. Утенкова; Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. отд-ние, Сиб. науч.-исслед. ин-т экономики сел. хоз-ва. – Новосибирск, 2003. – 36 с.

УДК 330.322.21

# ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ МАЛОГО БИЗНЕСА В ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНА

**Веретенников А.И., Владыка М.В.**

*ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: C_r_o_w_l_e_y@mail.ru*

Данная статья посвящена вопросам эффективности функционирования малого предпринимательства в обрабатывающей промышленности регионов Российской Федерации. На основе использования статистических данных выполнена оценка функционирования малого предпринимательства в обрабатывающей промышленности России по сравнению с экономикой Российской Федерации в целом. Представлен «портрет» российского среднестатистического малого предприятия и показаны его отличия от малого предприятия обрабатывающей промышленности. Раскрыт вклад обрабатывающей промышленности в экономику Российской Федерации в целом, а также вклад малого бизнеса обрабатывающей промышленности в показатели деятельности малых предприятий страны. Выявлены особенности в развитии малого бизнеса отдельных регионов Российской Федерации. Выполненный анализ позволил установить разбалансированность в направлениях специализации регионов Центрально-Черноземного экономического района и их малого бизнеса.

**Ключевые слова: малые предприятия, эффективность, промышленность, обрабатывающие производства, региональная структура**

# EVALUATION OF THE DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF SMALL BUSINESS IN THE PROCESSING INDUSTRY OF THE REGION

**Veretennikov A.I., Vladyka M.V.**

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: C_r_o_w_l_e_y@mail.ru*

This article is devoted to the effectiveness of small business in the manufacturing industry of Russian regions. Based on the use of statistical data to assess the effectiveness of managing the economy of the country as a whole. A «portrait» of the Russian average small enterprise and its difference from a small manufacturing enterprise are presented. The industry's contribution to the economy of the country as a whole is disclosed, as well as the contribution of small manufacturing industry to the performance of small enterprises in the country. Identified features in the development of small businesses in individual regions. The analysis made it possible to establish imbalances in the infrastructures of the Central Black Earth region and their small business.

**Keywords: small enterprises, efficiency, industry, manufacturing industries, regional structure**

Россия занимает достойное место в мировой глобальной экономике, но обеспечивается это в основном за счет поставки природных ресурсов. В связи с этим важной задачей становится реализация такой промышленной политики, которая позволяла бы обеспечивать не только внутренние потребности, но и экспорт в большей степени за счет развития обрабатывающих производств. Важная роль в этом процессе отводится малому бизнесу в данной сфере. Малые предприятия в промышленности, в том числе и в обрабатывающей, – это производства с численностью работников до 100 человек. То есть это достаточно мощные организации, способные не только обеспечивать выпуск конкурентоспособной продукции для потребления внутри страны, но и стать реальными участниками мировых рынков инновационной продукции.

Усиление роли малого бизнеса обрабатывающих производств предусмотрено и в «Стратегии развития малого и среднего предпринимательства до 2030 года». Цель Стратегии – развитие сферы малого и среднего предпринимательства как одного из факторов инновационного развития страны и улучшения отраслевой структуры экономики. Стратегия направлена на создание конкурентоспособной, гибкой и адаптивной экономики, которая обеспечивает высокий уровень индивидуализации товаров и услуг, высокую скорость технологического обновления и стабильную занятость [1].

Обрабатывающая промышленность призвана определять уровень инновационного развития страны в целом. Рассмотрим, какую роль играет эта отрасль в экономике России в целом по ряду наиболее важных показателей (табл. 1).

Как показывают данные табл. 1, по доле в ВВП страны (по показателю добавленной стоимости) обрабатывающая промышленность в настоящее время обеспечивает около 13 %, хотя в 2011–2014 гг. этот показатель был несколько ниже. Несмотря на то, что валовая добавленная стоимость обрабатывающей промышленности в динамике увеличивается (рост 2015 г. к 2010 г. составил 172,6 %), доля этой отрасли в эко-

номике в целом снижается в рассматриваемом периоде. Кроме того, темпы роста ВВП в целом по экономике опережают темпы роста добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности. Это говорит о том, что обрабатывающие производства отстают в своем развитии от других видов экономической деятельности.

В этой отрасли промышленности сосредоточено около 9% стоимости основных фондов российской экономики. За 2010–2015 гг. стоимость основных фондов в обработке выросла на 109,4%, в то время как в целом по экономике на 72,5%, что можно отметить как положительную тенденцию.

Доля численности персонала обрабатывающих производств составила в 2015 г. 10,5%. По этому показателю наметилась противоположная тенденция: уменьшилась и численность персонала с 7,8 млн человек до 7,2 млн человек, и его доля в экономике в целом с 11,6% до 10,5%. Таким образом, если за 2010–2015 гг. в целом по экономике численность занятых работников выросла на 1,3%, то в обрабатывающей промышленности она снизилась на 7,7%. Это направление нельзя назвать положительным, поскольку для обеспечения опережающих темпов развития обрабатывающей промышленности и усиления ее роли в национальной экономике должны привлекаться дополнительные кадры, причем высококвалифицированные.

Что касается доли обрабатывающей промышленности по обороту, то этот показатель примерно в два раза выше, чем по добавленной стоимости. Такая ситуация может быть объяснена более высоким уровнем материалоемкости продукции в обрабатывающих производствах. В динамике за рассматриваемый период этот показатель также вырос на 6,1%.

Далее рассмотрим, какую роль играет малый бизнес обрабатывающей промышленности в малом бизнесе России. В табл. 2 рассчитано, что малый бизнес в обрабатывающей промышленности играет значительно меньшую роль, чем вся обрабатывающая отрасль в экономике России [3].

Так, доля малого бизнеса обрабатывающей промышленности по числу предприятий составила в 2016 г. 8,9%; по обороту – 9,5%; по численности персонала – 14,6%; по инвестициям в основной капитал – 11,2%. Из этих данных следует, что вклад малого бизнеса обрабатывающей промышленности примерно в 2,5 раза ниже по сравнению с вкладом всей обрабатывающей отрасли в экономику России.

Как известно, к малому предпринимательству относятся и индивидуальные предприниматели без образования юридического лица. С учетом вклада индивидуального предпринимательства структура выручки малых обрабатывающих производств выглядит следующим образом: малые предприятия с численностью более 15 человек – 63%; микропредприятия – 30%; индивидуальные предприниматели – 7%.

**Таблица 1**

Роль обрабатывающей промышленности в развитии экономики России [2]

| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | Темп роста 2015 г. к 2010 г.,% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Валовой внутренний продукт, млрд руб. | 46309 | 59698 | 66927 | 71017 | 77945 | 80804 | 174,5 |
| в том числе валовая добавленная стоимость обрабатывающей промышленности, млрд руб. | 5935 | 6822 | 7692 | 8285 | 9215 | 10245 | 172,6 |
| процентов | 12,8 | 11,4 | 11,5 | 11,7 | 11,8 | 12,7 | 99,2 |
| Основные фонды (по полной учетной стоимости; на конец года), млрд руб. | 93186 | 108001 | 121269 | 133522 | 147430 | 160725 | 172,5 |
| в том числе в обрабатывающей промышленности, млрд руб. | 6744 | 7763 | 8899 | 10264 | 12784 | 14123 | 209,4 |
| процентов | 7,2 | 7,2 | 7,3 | 7,7 | 8,7 | 8,8 | 122,2 |
| Среднегодовая численность занятых, млн человек | 67,5 | 67,6 | 68,0 | 67,9 | 67,8 | 68,4 | 101,3 |
| в том числе в обрабатывающей промышленности, млн человек | 7,8 | 7,8 | 7,6 | 7,5 | 7,3 | 7,2 | 92,3 |
| процентов | 11,6 | 11,5 | 11,2 | 11,0 | 10,8 | 10,5 | 90,5 |
| Оборот организаций, всего, млрд руб. | 81196 | 99978 | 111582 | 114625 | 129195 | 141547 | 174,3 |
| в том числе в обрабатывающей промышленности, млрд руб. | 18761 | 23940 | 26308 | 29520 | 32019 | 34687 | 184,9 |
| процентов | 23,1 | 23,9 | 23,6 | 25,8 | 24,8 | 24,5 | 106,1 |

**Таблица 2**

Основные показатели деятельности малых предприятий (включая микропредприятия) по Российской Федерации в целом и обрабатывающей промышленности за 2011–2016 гг.

| Показатели | Объект | Годы | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Количество предприятий, тыс. единиц | Россия | 1836 | 2003 | 2063 | 2104 | 2222 | 2771 |
| | обрабат. пром. | 171 | 192 | 196 | 200 | 211 | 246 |
| | доля обрабат. пром.,% | 9,3 | 9,6 | 9,5 | 9,5 | 9,5 | 8,9 |
| Средняя численность работников, тыс. человек | Россия | 11480 | 10756 | 11696 | 11744 | 11338 | 11040 |
| | обрабат. пром. | 1654 | 1542 | 1663 | 1642 | 1718 | 1610 |
| | доля обрабат. пром.,% | 14,4 | 14,3 | 14,2 | 14,0 | 15,2 | 14,6 |
| Оборот предприятий, млн руб.* | Россия | 22610239 | 23463700 | 24781609 | 26392219 | x | 38877027 |
| | обрабат. пром. | 2007862 | 2206137 | 2322737 | 2459185 | x | 3680024 |
| | доля обрабат. пром.,% | 8,9 | 9,4 | 9,4 | 9,3 | x | 9,5 |
| Инвестиции в основной капитал, млн руб. | Россия | 431551 | 521545 | 574934 | 664432 | 937145 | 801623 |
| | обрабат. пром. | 62787 | 85086 | 80932 | 73757 | 86787 | 90167 |
| | доля обрабат. пром.,% | 14,5 | 16,3 | 14,1 | 11,1 | 9,3 | 11,2 |

Примечание. * Уточненные данные по 2015 г. будут представлены в 3 квартале 2017 г.

**Таблица 3**

Показатели среднестатистического малого предприятия в России и обрабатывающей промышленности в 2015 г. (с микропредприятиями)

| № п/п | Показатели | Среднестатистическое российское малое предприятие | Среднестатистическое малое предприятие в обрабатывающей промышленности |
|---|---|---|---|
| 1 | Численность работников, чел. | 4 | 7 |
| 2 | Годовой оборот на одно предприятие, тыс. руб. | 14030 | 14959 |
| 3 | Производительность труда 1 работника, тыс. руб. | 3521 | 2286 |
| 4 | Инвестиции в основной капитал на 1 работника, тыс. руб. | 73 | 56 |
| 5 | Среднемесячная заработная плата 1 работника, руб. | 18016 | 17561 |

Для сравнения в целом по экономике эти данные выглядят следующим образом: доля малых предприятий с численностью более 15 человек в выручке малого бизнеса – 50%; микропредприятий – 36%; индивидуальных предпринимателей – 14% [4].

На основе проведенных исследований можно составить так называемый «портрет» малого предприятия, функционирующего в российской экономике.

В целом по экономике России среднестатистическое малое предприятие (юридическое лицо) и малое предприятие в обрабатывающей промышленности могут быть представлены следующими основными показателями (табл. 3).

Данные табл. 3 позволяют сделать вывод о том, что малое среднестатистическое предприятие России имеет численность работников 4 человека, в то время как в обрабатывающей промышленности аналогичное предприятие имеет численность 7 человек, то есть в 1,75 раза больше.

Годовой оборот на одно предприятие в целом по экономике составляет 14030 тыс. руб., а в обрабатывающей промышленности он выше только на 6,6%. Это показывает, что эффективность функционирования малых предприятий в обрабатывающей промышленности ниже, что подтверждается данными о производительности труда на этих предприятиях. В целом по экономике малое предприятие имеет производительность труда выше по сравнению с обрабатывающей промышленностью на 54%, то есть в полтора раза.

Инвестиции в основной капитал на одного работника на среднероссийском малом предприятии также выше на 30%. Эти инвестиции можно считать увеличением фондовооруженности работников предприятия, что и обеспечивает более высокий уровень производительности труда. Как результат – заработная плата также несколько выше на среднероссийском предприятии, на 3%.

Далее проанализируем аналогичные показатели на малых предприятиях без микропредприятий. Они представлены в табл. 4.

В целом результаты являются аналогичными с вышерассмотренными показателями по эффективности. Отличия заключаются в том, что малые предприятия в обработке – это более крупные предприятия. Если на малом среднестатистическом предприятии (без микропредприятий) численность составляет 31 человек, то в обрабатывающей промышленности она находится на уровне 38 человек.

Несмотря на то, что малое предприятие в обрабатывающей промышленности имеет численность на 22,6% выше, его годовой оборот ниже на 22,9%. Соответственно, и производительность труда в обработке ниже на 36,1%. Инвестиции в основной капитал также в малом бизнесе обрабатывающей промышленности ниже по сравнению с показателями по малым предприятиям в целом по экономике. Отличия в заработной плате небольшие и находятся в пределах пяти процентов. Полученные данные свидетельствуют о необходимости повышенного внимания к обрабатывающей промышленности в направлении повышения эффективности ее функционирования.

Развитие малого бизнеса на территории Российской Федерации осуществляется неравномерно, для него характерен высокий уровень концентрации производства. Территориальная структура малого бизнеса отражает основные показатели его деятельности в разрезе отдельных федеральных округов. Лидирующим федеральным округом по всем показателям является Центральный федеральный округ. При этом его доля по большей части показателей составляет треть от российского уровня, а по обороту предприятий – 40%.

Приволжский федеральный округ занимает второе место в ряду всех анализируемых показателей. Третью позицию разделяют Северо-Западный и Сибирский федеральные округа. При этом на долю трех лидирующих округов по каждому из рассматриваемых показателей приходится преобладающая часть: по числу предприятий – 65,9%; по средней численности работников – 64,6%; по обороту предприятий – 68,4%; по инвестициям в основной капитал – 73,8%.

Доля малых предприятий остальных пяти федеральных округов в формировании соответствующих показателей намного скромнее. Тем не менее они располагаются в такой последовательности: Южный федеральный округ (5 место), Уральский федеральный округ (6 место), Дальневосточный федеральный округ (7 место), Северо-Кавказский федеральный округ (8 место), Крымский федеральный округ (9 место).

Важное место в составе Центрального федерального округа занимает Центрально-Черноземный экономический район, который включает пять областей: Белгородскую, Воронежскую, Курскую, Липецкую, Тамбовскую. Эти области, находясь в географической близости, обладают рядом сходных черт и условий экономической деятельности. Кроме того, Центрально-Черноземный экономический район занимает серьезное положение в показателях деятельности Центрального федерального округа.

Если рассматривать показатели деятельности ЦФО без города Москвы, то на долю Центрально-Черноземного экономического района приходится примерно четвертая часть по ряду показателей: количеству предприятий (24,8%), обороту (25,9%), численности работников (26,9%) [5].

Главную роль в развитии малого предпринимательства Центрально-Черноземного экономического района играет Воронежская область, на долю которой приходится 29% количества малых предприятий, 36% численности работников и 34% оборота предприятий.

**Таблица 4**

Показатели среднестатистического малого предприятия в России и обрабатывающей промышленности в 2015 г. (без микропредприятий)

| № п/п | Показатели | Среднестатистическое российское малое предприятие | Среднестатистическое малое предприятие в обрабатывающей промышленности |
|---|---|---|---|
| 1 | Численность работников, чел. | 31 | 38 |
| 2 | Годовой оборот на одно предприятие, тыс. руб. | 108366 | 83558 |
| 3 | Производительность труда 1 работника, тыс. руб. | 3477 | 2222 |
| 4 | Инвестиции в основной капитал на 1 работника, тыс. руб. | 76 | 61 |
| 5 | Среднемесячная заработная плата 1 работника, руб. | 20017 | 19082 |

На втором месте находится Белгородская область, у которой отмеченные показатели составили соответственно 30 %, 21 %, 22 %. Третью позицию занимает Липецкая область, а Курская и Тамбовская области находятся примерно на равных позициях.

Для направления специализации всех регионов, кроме Воронежской области, характерно преобладание обрабатывающей промышленности, а затем идут торговля и сельское хозяйство, что соответствует требованиям инновационной экономики.

В Воронежской области наибольший удельный вес в структуре оборота региона занимает торговля, для которой характерен быстрый оборот капитала, но низкий уровень добавленной стоимости, что вряд ли отвечает требованиям рациональной структуры.

Если же говорить о направлениях специализации в малом предпринимательстве, то во всех областях, кроме Воронежской, в структуре оборота преобладает торговля, а обрабатывающие производства находятся только на третьем месте.

Сложившаяся ситуация свидетельствует о разбалансированности направлений развития регионов в целом и их малого бизнеса. Необходимы усилия со стороны региональных и местных властей по обеспечению более рациональной структуры малого предпринимательства в разрезе видов экономической деятельности.

Проведенный анализ свидетельствует о различном уровне эффективности функционирования малого бизнеса в регионах. Для повышения общей результативности работы этого важного сектора экономики необходимо изучение опыта управления малым бизнесом, имеющегося в соседних территориях, и его реализация в практической деятельности.

**Список литературы**

1. Об утверждении Стратегии развития малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 02.06.2016 № 1083-р (ред. от 08.12.2016) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru (дата обращения: 18.09.2017).

2. Национальные счета. Предпринимательство [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/reform/ (дата обращения: 18.09.2017).

3. Институциональные преобразования в экономике. Малые предприятия (включая микропредприятия) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/reform/ (дата обращения: 18.09.2017).

4. Предварительные итоги сплошного наблюдения за деятельностью малого и среднего бизнеса за 2015 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gks.ru/ (дата обращения: 18.09.2017).

5. Регионы России. Социально-экономические показатели, 2016 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/ rosstat/ru/statistics/ publications/catalog/doc_1138623506156 (дата обращения: 18.09.2017).

УДК 332.146.2

# АУТСОРСИНГ ЗАРУБЕЖНЫХ УСЛУГ ИСПЫТАНИЙ, ЭКСПЕРТИЗЫ И СЕРТИФИКАЦИИ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

**Гайрбеков М.С., Чаплаев Х.Г.**

*ФГБОУ ВО «Чеченский государственный педагогический университет», Грозный, e-mail: vernemsya@mail.ru, chaplaiev79@mail.ru*

В поисках мер, способствующих повышению инвестиционной привлекательности региона, следует учитывать влияние брендинга отечественных компаний, продуктов или услуг на активизацию инвестиционных потоков в реальный сектор экономики. В связи с этим одним из факторов активизации таких потоков в региональную экономику может стать аутсорсинг услуг в области испытаний, экспертизы и добровольной сертификации, закупаемых у международной компании, имеющей безупречную рыночную репутацию. Рост инвестиционной привлекательности региональных предприятий окажет положительное воздействие как на региональную экономику, так и экономику Российской Федерации в целом. Более того, необходимость становления региональных брендов объясняется высокой дотационностью бюджетов отдельных регионов. Экспорт отечественной продукции, качество которой подтверждено соответствующим сертификатом международной организации, заслужившей доверие мирового сообщества, увеличит доходы в региональный бюджет. При этом следует отметить приоритет экономической безопасности Российской Федерации и необходимость проведения тщательного отбора зарубежных партнеров. В результате исследования выработаны тезисы, подтверждающие гипотезу об эффективности влияния аутсорсинга зарубежных услуг испытаний, экспертизы и сертификации на повышение инвестиционной привлекательности региональной экономики и в целом экономики Российской Федерации.

**Ключевые слова: аутсорсинг, инвестиции, региональная экономика, услуги сертификации**

# THE OUTSOURCING OF FOREIGN SERVICES OF TESTING, INSPECTION AND CERTIFICATION AS A FACTOR OF INCREASING THE INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE REGIONAL ECONOMY

**Gayrbekov M.S., Chaplaev Kh.G.**

*Federal State Educational Institution of Higher Education Chechen State Pedagogical University, Grozny, e-mail: vernemsya@mail.ru, chaplaiev79@mail.ru*

In search of measures to increase the investment attractiveness of the region, one should take into account the influence of branding of domestic companies, products or services on the activation of investment flows in the real sector of the economy. In this regard, one of the factors of activating such flows in the regional economy can be outsourcing of services in the field of testing, expertise and voluntary certification, purchased from an international company with an impeccable market reputation. The growth of investment attractiveness of regional enterprises will have a positive impact on both the regional economy and the economy of the Russian Federation as a whole. Moreover, the need to establish regional brands is explained by the high subsidization of the budgets of individual regions. Export of domestic products, the quality of which is confirmed by an appropriate certificate of an international organization that has earned the confidence of the world community, will increase revenues to the regional budget. It should be noted that the most important things are the priority of economic security of the Russian Federation and the need for careful selection of foreign partners. As a result of the research, the thesis has been worked out, which confirm the hypothesis about the effectiveness of the outsourcing of foreign testing, examination and certification services to increase the investment attractiveness of the regional economy and, in general, the economy of the Russian Federation.

**Keywords: outsourcing, investments, regional economy, certification services**

Как известно, ведущим императивом дальнейшего развития российских рыночных реформ является модернизация. Глубокого обновления требуют не только производительные силы и технологии и формы взаимодействия субъектов российской экономики. Одной из наиболее важных особенностей развития экономики сегодня является глобализация, которая приводит к усилению зависимости хозяйств от процессов, развивающихся в мировой экономической системе. В ходе процесса глобализации место самых значительных экономических субъектов все чаще занимают транснациональные корпорации (далее в тексте ТНК), вследствие чего происходит углубление международного разделения труда, увеличиваются объемы внешней торговли. К наиболее перспективным путям взаимодействия национальных корпораций и ТНК в России Д.И. Журавский [1] относит образование стратегических альянсов, что, в свою очередь, дает возможность доступа к инновациям партнеров по альянсу и аутсорсинга.

Целью настоящего исследования является выработка тезисов, подтверждающих или опровергающих гипотезу о поло-

жительном влиянии транснациональных корпораций (прочих иностранных организаций), оказывающих услуги в области испытаний, экспертизы и добровольной сертификации, на инвестиционную привлекательность региона и России в целом. Материалами исследования послужили действующие нормативно-правовые акты Российской Федерации в области технического регулирования, труды отечественных исследователей и статистическая информация тематических электронных ресурсов. Логика исследования состоит в последовательном рассмотрении значения аутсорсинга в международной торговле, проблем системы сертификации в Российской Федерации, взаимосвязи брендинга и закупки иностранных услуг испытаний, экспертизы и добровольной сертификации, угроз экономической безопасности Российской Федерации, связанных с деятельностью иностранных компаний, процедуры выбора аутсорсинговой компании, определение лидеров международного рынка испытаний, экспертизы и сертификации.

В идейном плане появлению аутсорсинга послужили закономерности теории абсолютных преимуществ, сформулированные Адамом Смитом и позднее развитые Дэвидом Рикардо. Аутсорсинг следует рассматривать как процесс сотрудничества предприятий, основанный на таких формах общественной организации производства, как специализация и кооперирование, а также в конечном итоге способствующий расширению производства продукции [2]. В двадцать первом столетии прогнозы аналитиков обещают стремительный рост количества специализированных фирм, которые обслуживают деловой процесс в одной и более компаниях. Вместе с тем подобная нацеленность фирмы на определенные ключевые компетенции вовсе не значит, что единый воспроизводственный процесс будет разорван. В современных условиях процесс воспроизводства развивается в системе формальных и неформальных контрактно-договорных отношений [3]. В процессе глобализации аутсорсинг способствует росту конкурентоспособности путем концентрации усилий на потенциально перспективных направлениях бизнеса, сокращения издержек, передачи непрофильных функций и бизнес-процессов специализированным фирмам извне, путем повышения степени мобильности и гибкости финансовых ресурсов, получения преимуществ вследствие использования труда высококвалифицированных работников. Взаимодействие субъектов национального бизнеса с иностранными транснациональными компаниями в области аутсорсинга имеет значительный инвестиционный и инновационный потенциал, способный обеспечить модернизацию российской рыночной экономики и получение устойчивой к колебаниям сырьевого рынка прибыли [1]. Отражая процессы экономической глобализации, аутсорсинг рассматривается как форма организации бизнеса в мировом масштабе. Как наиболее быстрорастущий сегмент рынка аутсорсинга рассматривается сегодня офшорный аутсорсинг, механизм которого особенно активно используется ТНК при создании рабочих мест и осуществляется посредством прямого зарубежного инвестирования. При этом ТНК, глобальная по своей сути компания, способна эффективно использовать человеческий капитал и другие факторы производства из всех регионов мира. Компании, основная деятельность которых направлена на использование ресурсов внешних организаций, без учета их национальной и территориальной принадлежности, занимаются реализацией на практике методологии глобального аутсорсинга. Офшоринг рассматривается как составляющая аутсорсинга, его более узкий профиль. Аутсорсинг всегда предполагает участие третьих сторон, но не всегда вынос операций за рубеж. Термин «офшорный аутсорсинг» (offshore autsorsing) в международном бизнесе определяет порядок принятия организационных решений, представляющих собой перенос ранее самостоятельно реализуемых компанией функций (отдельных бизнес-процессов) за пределы юрисдикции головной компании в иностранные филиалы [4].

На сегодняшний день в сложившейся макроэкономической обстановке, а именно в условиях санкций, введённых некоторыми странами Запада против России и ответными российскими ограничениями, особенно остро стоит вопрос формирования собственного всеобъемлющего полноценного рынка товаров. Формирование такого рынка соответствует концепции национальной экономической безопасности и отвечает выбранному российским правительством курсу импортозамещения [5]. Однако, несмотря на курс защиты и поддержки отечественных производителей, следует помнить о необходимости контроля за качеством выпускаемой продукции.

Сертификацией называют процедуру, посредством которой незаинтересованная третья сторона предоставляет письменную гарантию, о том, что какой-либо процесс, услуга, или продукция находится в соответствии с заданными требованиями [6].

Показатели, характеризующие деятельность Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии [7]

| № п/п | Показатель | ед. изм. | Значение показателя |
|---|---|---|---|
| 1 | Численность сотрудников системы Росстандарта | чел | 16000 |
| 2 | Количество подведомственных организаций Росстандарта | ед. | 102 |
| 3 | Численность пользователей аккредитованных лиц, передающих сведения о результатах поверки средств измерений | чел/мес. | 7930 |
| 4 | Количество технических комитетов по стандартизации | ед. | 353 |
| 5 | Численность экспертов по стандартизации, зарегистрированных в глобальной директории | чел. | 672 |

Федеральный орган исполнительной власти, который осуществляет функции по оказанию государственных услуг, по управлению государственным имуществом в сфере технического регулирования и метрологии – это Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, находящееся в ведении Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

В таблице представлены основные показатели, характеризующие деятельность Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

Деятельность Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии охватывает все процессы по техническому регулированию и метрологии, начиная с экспертизы проектов и утверждения национальных стандартов, координации работы технических комитетов по стандартизации и заканчивая ведением единой базы данных, содержащей информацию обо всех зарегистрированных системах добровольной сертификации. В перспективе стратегия развития Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии предполагает его модернизацию в современный и высокоэффективный национальный орган по стандартизации и обеспечению единства измерений.

Желая сертифицировать свою продукцию, производитель может использовать систему добровольной сертификации. Однако необходимо чётко видеть её отличие от обязательной. Обязательной сертификации подлежат утверждённые законодательством товары и услуги с целью подтверждения соответствия требованиям Технических Регламентов или ГОСТ. В свою очередь, добровольной сертификации подлежат любые товары по желанию заявителя с целью обеспечения конкурентоспособности, и подтверждает данная сертификация любые значимые параметры по выбору заявителя или установленные избранным поставщиком услуг сертификации [5].

Согласно пункту 1 статьи 21 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ (в редакции от 01 июля 2017 г.) «О техническом регулировании» «добровольное подтверждение соответствия осуществляется по инициативе заявителя на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольное подтверждение соответствия может осуществляться для установления соответствия документам по стандартизации, системам добровольной сертификации, условиям договоров. Объектом добровольного подтверждения соответствия может выступать процесс производства, эксплуатации, хранения, перевозки, утилизации, реализации, продукция, работы, услуги, также и другие объекты, для которых соответственными документами по стандартизации, договорами и системами добровольной сертификации устанавливаются определенные требования» [6].

Обязательная сертификация представляет собой форму государственного контроля и может быть осуществлена только в случаях, которые указаны в законодательных актах России. Добровольную сертификацию осуществляют по инициативе заявителя, продавца либо изготовителя для последующего подтверждения соответствия услуги или продукции требованиям технических условий, стандартов и других документов, которые определены самим заявителем. На практике, система добровольной сертификации товаров применяется для повышения спроса [8].

По мнению М.В. Федосова [9], в настоящее время обязательная сертификация не выполняет своей основной функции по защите потребителя от некачественной продукции: нередки случаи, когда производители продукции в массовом порядке просто покупают обязательные сертификаты у органов по сертификации. В случае причинения вреда от сертифицированной, но при этом некачественной продукции, а также при обращении пострадавшей стороны в правоохранительные органы, все разби-

рательства проводятся по действиям органа по сертификации, который уходит от ответственности.

В настоящее время продолжается расширение влияния и сферы использования добровольной сертификации. И активнее всего она развивается в отраслях, где раньше безраздельно господствовало обязательное подтверждение соответствия. В создавшихся условиях именно добровольная сертификация является одним из главных инструментов, гарантирующих поддержание качества в бизнесе [9].

И.А. Шарафеев [10] полагает, что обязательная экологическая сертификация необходима, но необходимо разграничить основания проведения добровольной и обязательной сертификации. Существуют, по его мнению, и иные проблемы. Так, например, в настоящее время весьма значимой проблемой является проблема недостаточной подготовки экспертов, осуществляющих экологическую сертификацию, прежде всего, с точки зрения мирового опыта. В связи с этим обязательная экологическая сертификация, по мнению И.А. Шарафеева, должна производиться только для оценки показателей безопасности, а для показателей качества применяться добровольная сертификация [10].

Здесь принципиально отметить, что добровольная сертификация не является негативной системой, она не призвана ввести в заблуждение потребителей. И наличие сертификата соответствия, хоть и добровольного, призвано подтвердить, что потребитель имеет дело с добросовестным производителем. Тем не менее в российских условиях добровольная сертификация может быть использована не как подтверждение качества продукции, а лишь как знак, обеспечивающий желаемый объём продаж.

Н.С. Числова и В.Г. Куганов считают, что ужесточение существующих ныне требований к качеству производимой продукции должно лежать в основе формирования российского рынка конкурентоспособных товаров [5].

Рыночная модель, реализуясь в виде стратегической основы функционирования нашей страны, предполагает наличие как партнерства, так и конкуренции между экономиками разных субъектов Российской Федерации. Имидж региона в целом складывается из степени инвестиционной, коммерческой, социальной привлекательности местных предприятий. Объективные законы регионального экономического развития и самоопределения во всех сферах предполагают необходимость становления региональных брендов и повышения их конкурентоспособности. Успешность региональных брендов повлечет увеличение бюджета, обеспечит косвенные поступления в социальную сферу (развитие инфраструктуры, благоустройство, занятость и т.д.). Вместе с тем в условиях межрегиональной конкуренции неизменно возникнет необходимость расширения путей развития данных территорий, повысится степень конкурентоспособности, будут активнее задействованы конкурентные преимущества отдельно взятого региона. Межрегиональная конкуренция будет способствовать стимуляции усилий региональных производителей направленных на создание уникальной продукции, способной качественно выделяться в широком ассортименте товаров и демонстрировать весомое конкурентное превосходство. Проводимая по желанию заявителя обязательная и добровольная сертификация продукции и предприятий становится, таким образом, надежной формой осуществления контроля за качеством [11].

Одним из таких конкурентных преимуществ может стать закупка услуг по испытаниям, экспертизе и добровольной сертификации у авторитетной иностранной компании. Это сыграло бы решающую роль в наведении порядка в сфере добровольной сертификации, способствовало бы выведению недобросовестных игроков с рынка и окончательно закрепило бы положительный эффект от формирования систем взаимодействия общественного и государственного контроля за качеством продукции на региональных рынках.

Необходимо заметить при этом, что речь совершенно не идет о некоем региональном «сепаратизме», но о совершенно определенных экономических интересах, что преследуют власти на региональном уровне: о снижении зависимости от федеральных дотаций местных бюджетов, об ориентации на максимально эффективное развитие бизнес-сообществ в регионах.

Немаловажно и то, что территориальный и потребительский брендинг выступает в роли фундамента национального брендинга в целом, и улучшение имиджа нашей страны невозможно без усовершенствования имиджа всех составляющих ее территорий. Отдавая предпочтение продукции местного производителя, житель края, города, области выступает в роли полноправного инвестора своего региона.

Несмотря на то, что стратегия аутсорсинга неоднократно демонстрировала свою эффективность в решении задач по увеличению операционной эффективности бизнеса, ее внедрение приводит к появлению новых

видов рисков, которые следует определить на начальной стадии и которыми необходимо впоследствии управлять. Отсутствие обеспечения нивелирования рисков, связанных с внедрением модели аутсорсинга, может привести к существенному снижению операционной эффективности бизнеса.

В.М. Саакян, И.Б. Куриленко, Е.Е. Сидоренко [12] выработаны основные этапы выбора аутсорсинговой компании, позволяющей в будущем минимизировать риски при применении аутсорсинга:

1. Планирование. Подготовка плана проекта и выработка стратегии управления рисками являются достаточно важными факторами успешного аутсорсинга.

2. Выбор надежного поставщик:

– Подготовка документа «Запрос информации» (Request for Information – RFI). Основной целью является проведение предварительной оценки потенциальных поставщиков услуги/продукта, а также определение подходов к решению поставленной задачи. В документе RFI в общих чертах описывается функция, передаваемая на аутсорсинг, и указываются цели, которых планируется достигнуть.

– Подготовка документа RFP. В основу документа ложится информация, полученная в ходе анализа RFI. На этом этапе дается детальное описание требований, предъявляемых к услуге/продукту, к количеству и уровню подготовки персонала, к создаваемой интеллектуальной собственности, к защите конфиденциальной информации и т.д.

Хорошо подготовленный запрос предложения включает в себя следующую информацию: бизнес-требования (цель реализации проекта, требования к услуге, требования к компании-поставщику (существующий опыт, предоставляемые услуги, репутация, финансовые показатели), требования к персоналу компании-поставщика (количество, степень компетенции, квалификация, уровень оплаты труда), требования к производственным мощностям компании-поставщика.

– Оценка поступивших предложений. В первую очередь производится оценка поступивших предложений на предмет соответствия заявленным бизнес-требованиям. Компании – поставщики услуг предлагают совершенно разные стратегии решения поставленной бизнес-задачи. Появляются и другие, более оптимальные альтернативные возможности.

Если представленное предложение полностью удовлетворяет заявленным бизнес-требованиям, то на следующей стадии производится оценка возможных рисков, связанных с использованием данного поставщика. Такая экспертиза включает в себя анализ следующей информации:

1) стратегия, миссия и репутация поставщика;

2) отчеты аудиторских компаний относительно текущего финансового статуса поставщика;

3) существующие отзывы и рекомендации клиентов;

4) текущая экспертиза, методология и эффективность;

5) внутренняя система менеджмента качества;

6) уровень технологического развития производственных мощностей;

7) возможные нормативные и правовые риски, связанные с деятельностью данной организации;

8) существующие субподрядные организации;

9) внутренняя система управления рисками.

На основании этой экспертизы производится отбор потенциальных поставщиков для участия в пилотном проекте.

3. Пилотный проект. Мировой опыт рекомендует перед подписанием с поставщиком услуг долгосрочного контракта организовывать пилотный проект. Это позволяет компании произвести не только практическую оценку потенциального поставщика на соответствие заявленным бизнес-требованиям и эффективность его бизнес-процессов, но и самой определить целесообразность перехода на данную бизнес-модель [12].

К сожалению, формальная сертификация – это актуальная проблема для России.

Система добровольной сертификации должна представлять собой механизм, повышающий конкурентную способность организации и экономики в целом, именно на это была рассчитана работа данного механизма. Однако на данный момент это инструмент, с помощью которого недобросовестные организации зарабатывают деньги.

Руководителю организации проще купить «бумажку», чем действительно выделять время и ресурсы на внедрение системы менеджмента качества и на проведение сертификационного аудита. А, как всем известно, спрос рождает предложение. В сложившейся ситуации на рынке появляются «черные» поставщики услуг в сфере добровольной сертификации, которые формально подтверждают соответствие и берут за свою работу «копейки», тем самым не оставляя добросовестным органам по сертификации возможности конкурирования.

На данный момент из-за постоянного роста количества органов по сертификации и появления на рынке «черных» органов

доверие к сертификатам соответствия добровольных систем утратило свой первоначальный уровень. Во многих странах существует понятие «уровень доверия к органу по сертификации».

По мнению Д.А. Олесова, В.Н. Свиридовой и С.Т. Кожевниковой, следует организовать и ввести рейтинг систем и органов по сертификации, который должен быть доступен к просмотру каждому пользователю сети Интернет. В этом случае любой потребитель сможет оценить для себя уровень доверия к сертификату соответствия и принять решение по обращению в конкретный орган [13].

Количество авторитетных органов по сертификации в мире очень невелико, в Европе, например, в пределах трех десятков. Существуют компании, пользующиеся абсолютным доверием, например SGS Group, Bureau Veritas SA (France), Dekra Certification GmbH (Germany), TÜV SÜD (Germany), and Intertek Group plc (UK)), занимающие 25% мирового рынка аутсорсинга услуг испытаний, экспертизы и сертификации [14].

Емкость международного рынка испытаний, экспертизы и сертификации, из расчетов 2015 г., оценивалась в 80 миллиардов долларов США. К 2022 г., предположительно, емкость рынка достигнет 113,24 миллиардов долларов США при совокупном годовом темпе прироста 5,15% между 2016 и 2022 гг. [14].

Рост международного рынка испытаний, экспертизы и сертификации стимулируется такими факторами, как увеличивающееся количество норм и стандартов в различных отраслях экономики, новыми трендами в аутсорсинге услуг испытаний, экспертизы и сертификации, выработки строгих норм и стандартов для верификации качества и безопасности продуктов, увеличения диверсификации продукции рынка и глобализации мировой торговли, а также увеличения числа промышленных предприятий. Рынок испытаний, экспертизы и сертификации, как ожидается, будет занимать лидирующие позиции до 2022 г.. Аутсорсинг услуг испытаний, экспертизы и сертификации на международном рынке ожидает стремительный рост между 2016 и 2022 гг., так как многие крупные фирмы все чаще приобретают услуги тестирования и проверки у сторонней организации, чтобы снизить издержки в условиях ужесточающихся требований норм и стандартов. Предполагается, что Азиатско-Тихоокеанский рынок опередит Европейский и станет самым крупным рынком аутсорсинга услуг испытаний, экспертизы и сертификации. В него и сейчас вовлечены многие международные фирмы, которые имеют свои представительства в Китае и Индии. Более того, местный рынок быстро растет из-за увеличивающейся доли среднего класса среди населения и увеличивающегося спроса на услуги испытаний, экспертизы и сертификации [14].

Стоит отметить, что услуги по испытанию, экспертизе и сертификации иностранного поставщика могут быть ограничены требованиями Постановления Правительства Российской Федерации от 21.04.2010 № 266 «Об особенностях оценки соответствия продукции (работ, услуг), используемой в целях защиты сведений, составляющих государственную тайну или относимых к охраняемой в соответствии с законодательством Российской Федерации иной информации ограниченного доступа, и продукции (работ, услуг), сведения о которой составляют государственную тайну, предназначенной для эксплуатации в загранучреждениях Российской Федерации, а также процессов ее проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения, об особенностях аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), выполняющих работы по подтверждению соответствия указанной продукции (работ, услуг), и о внесении изменения в Положение о сертификации средств защиты информации».

Таким образом, в результате проведенного исследования мы пришли к следующим выводам:

1. В условиях противостоящих процессов глобализации и санкционных войн формы взаимодействия субъектов российской экономики с транснациональными корпорациями требуют модернизации.

2. Становление региональных брендов будет способствовать повышению конкурентоспособности отечественных производителей, увеличению региональных бюджетов, увеличению косвенных поступлений в социальную сферу и повышению инвестиционной привлекательности всего региона и России в целом.

3. Формальная добровольная сертификация – актуальная проблема для России, препятствующая становлению региональных брендов и демотивирующая производителей производить продукцию высокого качества.

4. Организация и ведение рейтинга отечественных систем и органов сертификации, в дополнение с аутсорсингом зарубежных услуг испытаний, экспертизы и сертификации,

предоставляемых добросовестными международными компаниями, будут способствовать становлению региональных брендов и повышению инвестиционной привлекательности региона и России в целом.

5. Создание в перспективе современного и высокоэффективного национального органа по стандартизации и обеспечению единства измерений, способного охватить весь отечественный рынок и выйти на международный.

## Список литературы

1. Журавский Ю.А., Якунина Ю.С. Перспективы участия транснациональных корпораций в модернизации российской экономики [Текст]: Ю.А. Журавский, Ю.С. Якунина // Известия Байкальского государственного университета. – 2011. – № 1. – С. 5–8.

2. Крючков А.Л. Обзор подходов к определению сущности аутсорсинга [Текст]: А.Л. Крючков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (53). – С. 309–312.

3. Фефелов Р.Е. Зарубежный опыт использования аутсорсинга во внешнеэкономической деятельности корпораций // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – № S5. – С. 71–75. URL: http://e-koncept.ru/2015/75096.htm.

4. Третьяк В.В., Круглова И.А. Офшорный аутсорсинг как перспективная форма ведения международного бизнеса в условиях глобализации [Текст]: В.В. Третьяк, И.А. Круглова // Ученые записки Международного банковского института. – 2016. – № 16. – С. 115–123.

5. Числова Н.С., Куганов В.Г. Обязательная сертификация как основа формирования российского рынка качественных товаров [Текст]: Н.С. Числова, В.Г. Куганов // В сборнике: Экономическая наука сегодня: теория и практик. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 223-225.

6. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ // Справочная правовая система КонсультантПлюс: сайт. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (дата обращения 02.08.2017).

7. Публичная декларация Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс] // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: сайт. URL: http://gost.ru/opendata (дата обращения 05.08.2017).

8. Троянова Е.Н., Юрченко Д.С. Особенности добровольной сертификации в Российской Федерации [Текст]: Е.Н. Троянова, Д.С. Юрченко // В сборнике: Инфраструктурные отрасли экономики : проблемы и перспективы развития сборник материалов XVIII Всероссийской научно-практической конференции. – Новосибирск, 2017. – С. 160–162.

9. Федосова М.Д. Проблемы и перспективы развития работ в области оценки и подтверждения соответствия [Текст]: М.Д. Федосова // European Research. – 2017. – № 2 (25). – С. 64–66.

10. Шарафеев И.А. Проблема экологической сертификации в России и пути их решения [Текст]: И.А. Шарафеев // В сборнике: Охрана окружающей среды и экологическая безопасность международная научно-практическая видеоконференция для студентов, аспирантов, магистрантов и молодых ученых. – 2016. – С. 168–173.

11. Ладаускас С.В., Стрельцова Н.В. Региональные знаки качества как инструмент программ поддержки местных товаропроизводителей в субъектах Российской Федерации [Текст]: С.В. Ладаускас, Н.В. Стрельцова // Региональная экономика: теория и практика. – 2013. – № 35. – С. 50–55.

12. Саакян В.М., Куриленко И.Б., Сидоренко Е.Е. Передача на аутсорсинг с точки зрения рисков [Текст]: В.М. Саакян, И.Б. Куриленко, Е.Е. Сидоренко // В сборнике: Исследование инновационного потенциала общества и формирование направлений его стратегического развития сборник научных статей 4-й Международной научно-практической конференции: в 2-х томах. Ответственный редактор: А.А. Горохов. – 2014. – С. 127–130.

13. Олесов Д.А., Свиридов В.Н., Кожевникова С.Т. Последствия Федерального Закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» применительно к сертификации [Текст]: Д.А. Олесов, В.Н. Свиридов, С.Т. Кожевникова // В сборнике: Состояние и перспективы развития современной науки: социально-экономические, естественнонаучные исследования сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 99–105.

14. Testing, Inspection and Certification (TIC) Market by Type (Testing, Inspection, & Certification), Sourcing Activity (In-House and Outsourced), End-User Industry (Environmental, Consumer Goods, Manufacturing), and Geography – Global Forecast to 2022 [Электронный ресурс] // MarketsandMarkets Research Private Ltd: сайт. – URL: http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/testing-inspection-certification-market-5352498.html (дата обращения 04.08.2017).

УДК 332.133.23

# ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕГИОНЕ

**Галикеев Р.Н., Гатауллин Р.Ф., Ахметов В.Я.**

*ФГБУН Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра Российской академии наук, Уфа, e-mail: roman1-1995@mail.ru*

В статье раскрыты современные проблемы землепользования как в целом по стране, так и в регионах, рассмотрены подходы и критерии оценки состояния землепользования на примере Республики Башкортостан, раскрыты сложившиеся механизмы землепользования. Выявлено, что реформирование земельных отношений не привело к улучшению ситуации в вопросах землепользования. Установлено, что эффективность использования сельскохозяйственных земель зависит как от правоприменительной практики, так и от количества, качества и расположенности земельных ресурсов и степени их эффективного использования. В результате анализа и оценки состояния землепользования в регионе выявлены основные направления развития земельных отношений через государственное регулирование и контроль за оборотом земель. Также разработаны предложения по совершенствованию механизма землепользования в регионе, оптимизации аграрного производства по зонам Республики Башкортостан.

**Ключевые слова: регион, земельные ресурсы, землепользование, оценка, сельскохозяйственное производство, структуризация территорий, эффективность**

# PROBLEMS OF IMPROVING THE LAND-USE MECHANISM IN THE REGION

**Galikeev R.N., Gataullin R.F., Akhmetov V.Ya.**

*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: roman1-1995@mail.ru*

The article reveals the current problems of land use both in the whole country and in the regions, the approaches and criteria for assessing the state of land use are considered on the example of the Republic of Bashkortostan, the developed mechanisms of land use are disclosed. It was revealed that the reform of land relations did not lead to an improvement in the situation with regard to land use. It is established that the efficiency of agricultural land use depends both on the law enforcement practice, and on the quantity, quality and location of land resources and the degree of their effective use. As a result of the analysis and assessment of the state of land use in the region, the main directions of the development of land relations through state regulation and control over land turnover have been identified. Also, proposals have been developed for improving the mechanism of land use in the region, optimizing agricultural production in the zones of the Republic of Bashkortostan.

**Keywords: region, land resources, land use, valuation, agricultural production, territorial structuring, efficiency**

В аграрном секторе земля выступает в качестве главного средства производства, является основой для производства сельскохозяйственной продукции. При этом от рационального использования земли зависит количество, качество получаемой продукции и конечные финансовые результаты деятельности хозяйствующих субъектов в аграрном секторе экономики [1].

В результате проводимой земельной реформы как по стране в целом, так и в Республике Башкортостан произошли существенные изменения в перераспределении земельных ресурсов по категориям земель, собственникам, землевладениям и землепользованиям [2].

В Республике Башкортостан на 1 января 2017 г. насчитывается 7319,6 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения (51,2% от общего фонда земель), из них 6664,6 тыс. га (91,1%) составляют сельскохозяйственные угодья, в том числе 3667,1 тыс. га – пашни. За последние 5 лет площадь категории земель сельскохозяйственного назначения в Республике Башкортостан сократилась на 411 тыс. га вследствие перевода в иные категории земель [3].

На сегодняшний день 354,5 тыс. га (15% общей площади долевых (паевых) земель), находящихся в общей долевой собственности, составляют невостребованные земельные доли, собственники которых в установленный срок не передали их в аренду или не распорядились иным способом. В последние годы существенные площади земель сельскохозяйственного назначения вышли из оборота и не используются. Так, за 1990–2016 гг. площадь пашни в Республике Башкортостан сократилась более чем на 1,2 млн га, или на 25% [3].

В результате определенная часть земельных ресурсов оказалась в бессрочном или пожизненно наследуемом владении лиц, не заинтересованных в эффективном их использовании по назначению. При этом не полностью реализовано право крестьян на земельную долю и имущественный пай. Владельцы земельных долей и имуще-

ственных паев, передавшие их в пользование сельскохозяйственным организациям получают незначительные и скромные дивиденды.

По состоянию на 1 марта 2015 г. из 352,1 тыс. граждан участников долевой собственности 169 тыс., или 48,5%, осуществили государственную регистрацию права собственности на земельные доли [3].

Однако оставшаяся часть собственников земельных долей еще не осуществили государственную регистрацию прав, не выделили свои земельные доли для создания фермерских и личных подсобных хозяйств или не передали их в уставные фонды (капиталы) сельскохозяйственным организациям и не заключили договоры аренды на земельные участки. Площадь таких земель составляет по некоторым районам республики более 30% в структуре сельскохозяйственных угодий, распределенных на земельные доли.

Это означает, что большая часть земель сельскохозяйственного назначения в настоящее время не может находиться в обороте, поскольку кадастровые работы не проведены и земельная собственность находится без надлежащего правового оформления. При этом не менее 80% собственников земельных долей непосредственно не заняты в аграрном производстве.

В связи с этим является актуальным совершенствование земельного законодательства и правоприменительной практики в части оптимизации процедур межевания и формирования земельных участков, снижения стоимости их проведения, оформления прав на невостребованные земельные доли, добровольного отказа от земельных долей, государственной регистрации прав на земельные доли и налогообложения земельных долей, выделения земельных участков в счет долей в праве общей собственности, управления общей долевой собственностью сельскохозяйственных организаций, изъятия земельных участков, не используемых в сельскохозяйственном производстве или используемых не по целевому назначению. Необходимо также повысить эффективность государственного управления земельными ресурсами, используемыми в сельскохозяйственном производстве, усилить гарантии целевого использования сельскохозяйственных земель и меры их охраны и контроля [4].

Одной из форм совершенствования механизма землепользования является объединение земель на условиях кооперативной формы хозяйствования. В Российской Федерации принята «Концепция развития кооперации на селе на период до 2020 года», в которой ставятся задачи по созданию благоприятных нормативно-правовых, социально-экономических условий для развития сельской кооперации; совершенствованию механизма государственной поддержки отрасли; росту числа и форм сельскохозяйственной кооперации и т.д. Однако развитие кооперации на селе в настоящее время не отвечает требованиям дня. В последние десятилетия положительная динамика была характерна для создания сельскохозяйственных потребительских кооперативов, организаций кредитной кооперации. Что касается сельскохозяйственных производственных кооперативов, их число от 15 тыс. в 2000 г. сократилось до менее чем 10 тыс. в 2015 г. Ими охвачено не более 14% от всей численности работников сельского хозяйства [5].

Поэтому очень своевременным была бы новая инициатива ряда депутатов по внесению изменений в Земельный кодекс Российской Федерации и закона РФ о введении в действие Земельного кодекса, согласно которым право постоянного (бессрочного) пользования земельным участком или владения им прекращается принудительно при ненадлежащем использовании этого участка в течение трех лет.

К сожалению, закон не работает. В Республике Башкортостан не было ни одного случая изъятия земель по указанным в законе основаниям.

По нашему мнению, закон может заработать только при случае, если в нем будут заинтересованы широкие слои населения. Сегодня значительная часть неиспользуемых земельных угодий находится в руках бывших колхозов и совхозов, функционирующих под различными вывесками (крестьянские хозяйства, акционерные общества, общества с ограниченной ответственностью), которые находятся под тесной опекой администраций сельских районов. Поэтому в ближайшем будущем нельзя ожидать, что произойдет какое-либо заметное перераспределение земельных ресурсов в пользу эффективных хозяйств.

Нередко на стороне сложившихся негативных порядков местные чиновники и лица, которые при их поддержке установили свой контроль над значительными земельными ресурсами, с другой – лица, которые, в отличие от первых, могут и хотят эффективно хозяйствовать на земле. Такое противостояние в республике имеет место [6].

В качестве одного из механизмов решения данной проблемы стоит рассмотреть перспективы увеличения в 10 раз земельного налога на неиспользованные земли по итогам года. Возможно, это бы стимулировало активность собственников земель

по вовлечению их в сельскохозяйственный оборот.

Как нам представляется, для достижения баланса интересов в земельном вопросе и значительных сдвигов в реализации земельного законодательства необходимо создание региональных ассоциаций сельскохозяйственных производителей, которые должны играть свою роль в перераспределении земельных ресурсов.

Можно предложить объединение в данные ассоциации, прежде всего, тех физических и юридических лиц, которые хотят расширить свое землепользование. Ассоциация от их лица будет оформлять свои претензии на конкретные земельные участки, которые согласно новому закону могут быть перераспределены. Органы региональной власти, а также Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, в свою очередь, должны оказывать свое содействие Ассоциации.

От претендентов на земельные участки будет требоваться соответствующая профессиональная подготовка. Поэтому Ассоциация может стать попечителем соответствующих учебных заведений. Желательно передать в ведение ассоциации и бывшие профтехучилища для организации подготовки кадров для сельского хозяйства.

Как видится, в порядке эксперимента в Республике Башкортостан имеются возможности рассмотрения передачи Ассоциации для начала 100 тыс. га заброшенной пашни и двух аграрных профтехучилищ в сельских районах по согласованию.

Было бы целесообразно запустить предлагаемый эксперимент до посевных работ 2018 г. с тем, чтобы уже весной следующего года можно было приступить к производственным процессам.

При положительном решении вопроса потребуется привлечение инвесторов на условиях софинансирования наряду с бюджетными средствами на создание объектов производственной инфраструктуры (логистических центров, материально-технических и ремонтных станций, строительных баз и т.д.), а также мощностей по переработке и реализации сельскохозяйственной продукции. Ассоциация могла бы стать мотором для нового кооперативного движения в Башкортостане.

Создание ассоциации могло бы послужить тому, что возникающая в новых условиях возможность передела земли происходила строго по закону и служила мощнейшим фактором повышения эффективности землепользования в интересах всех россиян.

На первом и самом важном этапе реформирования оборота земель сельскохозяйственного назначения можно предложить следующее:

1) поручить руководству Республики Башкортостан сделать ревизию всех пахотных земель на предмет их целевого использования, руководствуясь и промежуточными результатами проведенной с 1 июля по 15 августа 2016 г. Всероссийской сельскохозяйственной переписи;

2) учитывая, что в нашем регионе около 1 млн гектаров пахотных земель пустуют – Государственной Думе Российской Федерации нового 7-го созыва делегировать полномочия парламенту Республики о принятии Закона об изъятии неиспользуемых пахотных земель в течение последних 2-х лет по назначению с компенсацией затрат на их приобретение (документально подтвержденных) в пользу государства. Очевидно, что затраты здесь будут минимальными, учитывая незаконные схемы их приобретения.

В число мероприятий, рекомендуемых законодательной и исполнительной власти Республики Башкортостан, можно отнести также следующие:

– провести мониторинг законодательства в сфере обеспечения рационального землепользования, повышения эффективности и сохранности земель сельскохозяйственного назначения с целью подготовки предложений по совершенствованию республиканского законодательства в указанной сфере, организовать мониторинг оборота земель сельскохозяйственного назначения;

– осуществлять меры по совершенствованию законодательной базы в части стимулирования рационального землепользования и пресечения использования земельных участков не по целевому назначению и разрешенному использованию;

– рассмотреть возможность субсидирования части затрат на землеустройство и постановку на кадастровый учет земельных участков, используемых сельскохозяйственными товаропроизводителями;

– рассмотреть возможность выделения дополнительных средств муниципальным образованиям для формирования списков невостребованных земельных долей, проведения кадастровых работ;

– рассмотреть возможность оказания мер государственной поддержки сельхозпроизводителей, в частности субсидирование затрат сельхозпредприятий на подачу воды для орошения сельхозкультур;

– ускорить работу по ликвидации и рекультивации несанкционированных свалок бытовых отходов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения;

– рассмотреть вопрос о финансировании выполнения опытно-производственных

работ по рекультивации и восстановлению нарушенных ландшафтов в Республике Башкортостан;

– рассмотреть вопрос об организации учебы в муниципальных образованиях по вопросам оборота земель сельскохозяйственного назначения и рациональному использованию земельных ресурсов, в том числе по соблюдению законодательства в данной области, с раздачей соответствующих рекомендаций;

– активизировать работу по ведению перечня особо ценных продуктивных сельскохозяйственных угодий, использование которых не допускается для целей, не связанных с сельскохозяйственным производством, с установлением границ таких угодий;

– обеспечить использование собственниками, владельцами, пользователями, в том числе арендаторами земельных участков, результатов почвенного обследования земель при оформлении агрохимических паспортов полей;

– при администрациях муниципальных районов создать рабочие группы общественного контроля за оборотом земель сельскохозяйственного назначения. Деятельность рабочих групп общественного контроля должна быть направлена на оказание помощи сельскохозяйственным организациям и администрации в борьбе с нарушениями земельного законодательства Российской Федерации и Республики Башкортостан;

– ускорить работу по ликвидации и рекультивации сельских свалок твердых коммунальных отходов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения;

– осуществлять постоянное информирование населения о состоянии плодородия почв, методиках рационального использования земельных ресурсов;

– утвердить положение о порядке ведения реестра защитных лесных полос, расположенных на территории муниципальных районов (городских округов) Республики Башкортостан.

Второй этап реформирования, имеющий глубокие и сложные структуры управления и организации производств, значительных капитальных вложений – это создание в каждом муниципальном районе сети предприятий: по маркетингу; по производству комбикормов; животноводческие производства; молочные производства; по хранению и переработке продукции растениеводства и другие.

Коллективы этих предприятий будут более многочисленными и более подготовленными. По мере развития производства коллективы собственников будут иметь возможности по улучшению технологий, применению более современного оборудования, ведущего к увеличению объемов выпускаемой продукции и повышению эффективности производства. Конкурентоспособные сельскохозяйственные предприятия будут стремиться расширить масштабы собственного землепользования.

В условиях рыночной экономики и усиления кризисных явлений в сельскохозяйственном производстве оправдано бюджетное финансирование работ по повышению плодородия земель, водоснабжению, охране лесов, сенокосов и пастбищ, межхозяйственных дорог и др.

В целях дальнейшей стабилизации производства сельскохозяйственной продукции и обеспечения продовольственной безопасности целесообразно снять ограничения на размеры землепользования и поголовья скота. Одновременно на личное подсобное хозяйство следует распространить льготы, предоставляемые крестьянским (фермерским) хозяйствам.

Важным моментом практической реализации положений законодательства по вопросам оборота земель сельскохозяйственного назначения является выстроенная система подзаконных актов и практических мероприятий. Так, 21 февраля 2017 г. прошли парламентские слушания по вопросу «Проблемы и перспективы совершенствования правового регулирования оборота земель сельскохозяйственного назначения в Республике Башкортостан», проводимые Государственным Собранием – Курултаем Республики Башкортостан. В них были приняты рекомендации по решению вышеуказанных вопросов.

Роль местного самоуправления в делах оформления земельных отношений чрезвычайно велика, но активности в этом процессе пока еще очень мало. Необходим действенный муниципальный контроль за использованием земель. Надо предметнее заниматься формированием земельных участков из невостребованных земельных долей и в установленном законом порядке направлять в суды заявления о признании права собственности муниципальных образований на эти земельные участки.

Таким образом, одними из основных направлений развития земельных отношений и совершенствования механизма землепользования в регионе являются государственное регулирование и контроль за оборотом земель, которые также позволят повысить эффективность управления земельными ресурсами сельскохозяйственного назначения и искоренить проблемы, накопившиеся за годы проводимой неэффективной земельной реформы.

*Данное исследование выполнено в рамках госзадания Института социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН по теме «Нивелирование пространственной поляризации разноуровневых территориальных систем в условиях формирования технологического прорыва» (№ госрегистрации АААА-А17-117021310209-5).*

## Список литературы

1. Структуризация экономического пространства: сущность, факторы, проектирование: монография [Текст] / Под общей ред. д-ра экон. наук, проф. Р.Ф. Гатауллина. – Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2016. – 216 с.

2. Система ведения агропромышленного производства в Республике Башкортостан [Текст] / Под общей ред. д-ра экон. наук, проф. У.Г. Гусманова – Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. – 528 с.

3. Сельское хозяйство в Республике Башкортостан. Статистический сборник. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан. – Уфа, 2017. – 270 с.

4. Закон Республики Башкортостан от 05.01.2004 г. № 59-з «О регулировании земельных отношений в Республике Башкортостан» (с изменениями на 26.12.2016 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/935102453 (дата обращения 03.08.2017).

5. Методическое обеспечение проведения научных исследований экономических проблем развития АПК России: монография [Текст] / А.И. Алтухов, А.Н. Семин, Г.В. Беспахотный и др. – М.: Фонд «Кадровый резерв», 2016. – 544 с.

6. Галикеев Р.Н. Аграрное производство как элемент региональной социально-экономической системы [Текст] / Р.Н. Галикеев, Р.Ф. Гатауллин // Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических систем: материалы докл. Междун. конф. (Уфа, 10–11 ноября 2016 г.). – Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2016. – С. 61–65.

УДК 339.56.055

# ЭКСПОРТНЫЙ КОНТРОЛЬ В СИСТЕМЕ ЗАПРЕТОВ И ОГРАНИЧЕНИЙ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ ТОВАРАМИ

**Гурова Е.С., Безуглов Д.А., Краславская Г.И.**

*Ростовский филиал Российской таможенной академии, Ростов-на-Дону, e-mail: bezuglovda@mail.ru*

В настоящее время в связи с политической и социальной нестабильностью в различных регионах мира, а также террористическими угрозами для мирового порядка и безопасности особое значение приобретает эффективность системы регулирования трансграничного перемещения товаров и технологий, которые могут быть использованы в процессе изготовления оружия массового поражения и при совершении террористических актов, а также внешняя торговля отдельных стран вооружением и военной техникой. В статье рассмотрены теоретические и практические основы применения мер экспортного контроля в системе запретов и ограничений внешней торговли товарами. Теоретическая база системы экспортного контроля в России представлена во взаимосвязи отдельных элементов в различных сферах внешней торговли – товарами двойного и военного назначения, особенности применения этих мер во взаимной торговле государств – членов ЕАЭС и статус мер в качестве вводимых в одностороннем порядке. Отдельное внимание уделено самим объектам контроля, номенклатуре соответствующих товаров, их природе, особенностям и практическим аспектам применения разрешительного порядка, начинающихся с идентификации контролируемой продукции и имеющихся при этом проблем в современных условиях, а также перспективам формирования единого порядка экспортного контроля в ЕАЭС.

**Ключевые слова: экспортный контроль, запреты и ограничения внешней торговли товарами, товары двойного применения, продукция военного назначения, идентификация объектов экспортного контроля, лицензии и разрешения**

# EXPORT CONTROL IN THE SYSTEM OF PROHIBITIONS AND RESTRICTIONS OF FOREIGN TRADE

**Gurova E.S., Bezuglov D.A., Kraslavskaya G.I.**

*Rostov branch of the Russian Customs Academy, Rostov-on-Don, e-mail: bezuglovda@mail.ru*

Currently, due to political and social instability in various regions of the world, as well as terrorist threats to world order and security, of particular importance to the effectiveness of the system of regulation of cross-border movement of goods and technologies that can be used in the manufacturing process of weapons of mass destruction and terrorist acts, as well as the external trade of individual countries with weapons and military equipment. In the article theoretical and practical bases of application of measures of export control in the system of prohibitions and restrictions of foreign trade. The theoretical basis for an export control system in Russia is represented in the relationship of individual elements in various fields of foreign trade – goods of military and dual-specific applications of these measures in the mutual trade of States-members of the Union and the status of measures as unilaterally imposed. Special attention is paid to the objects themselves control the range of the relevant goods, their nature, characteristics and practical aspects of the application permission order, starting with the identification of controlled items and existing problems in modern conditions and prospects of forming the unified procedure of export control in the Eurasian economic Union.

**Keywords: export control, prohibitions and restrictions of foreign trade in goods, dual use goods, military products, identification of export control licenses and permits**

В настоящее время в связи с политической и социальной нестабильностью в различных регионах мира, а также террористическими угрозами для мирового порядка и безопасности особое значение приобретает эффективность системы регулирования трансграничного перемещения товаров и технологий, которые могут быть использованы в процессе изготовления оружия массового поражения и при совершении террористических актов, а также внешняя торговля отдельных стран вооружением и военной техникой. Данная система существует давно, на международном уровне принят ряд соглашений и договоров, развивается сотрудничество государств в этой сфере, действуют международные таможенные операций, в частности Совет Безопасности Организации Объединенных Наций, Международное агентство по атомной энергии и другие. Указанная система регулирования связана с понятием экспортного контроля, активно стала применяться странами Запада в XX веке.

По данным Стокгольмского института исследования проблем мира (SIPRI), мировые продажи продукции военного назначения по итогам 2012–2016 гг. увеличились на 8,4% в сравнении с предшествующим пятилетним периодом, при этом США и Россия остаются основными поставщиками вооружений на планете, суммарно занимая более 58% всего мирового рынка торговли оружием [1]. Доля России в мировом экспорте

оружия по итогам 2016 г. составила 23 %. В связи с чем продукция двойного и военного назначения, внешняя торговля которой регулируется системой экспортного контроля, занимает важное место, прежде всего, в структуре экспорта России.

Целью настоящей статьи является рассмотрение нормативно-правовых основ экспортного контроля в России в условиях Евразийского экономического союза (ЕАЭС), его места в системе запретов и ограничений внешней торговли товарами, структуры и особенностей, а также номенклатуры контролируемых товаров и проблем, связанных с ее практическим применением.

Экспортный контроль согласно праву ЕАЭС входит в систему запретов и ограничений внешней торговли товарами, наряду с такими мерами, как нетарифное и техническое регулирование, санитарно-эпидемиологические, ветеринарные и карантинные фитосанитарные требования [2]. Все эти меры разные, имеют свою сферу применения, объекты регулирования, особенности и формы подтверждения соблюдения запретов и ограничений.

Экспортный контроль является уникальной мерой в данной системе, так как не существует единого практического порядка его реализации на уровне ЕАЭС, в отличие от других запретов и ограничений, что означает приоритет национальных интересов и применение во взаимной торговле мер экспортного контроля между государствами – членами ЕАЭС. Другими словами, для экспортного контроля нет деления торговых партнеров на страны, входящие в интеграционное объединение и образующие единую таможенную территорию, и третьи страны, не входящие в ЕАЭС (табл. 1).

Содержание нормативных правовых актов ЕАЭС в области экспортного контроля составляют гармонизированные нормы и правила, регулирующие внешнеэкономическую деятельность в отношении товаров двойного применения, их единообразное применение с учетом международных обязательства государства – члена ЕАЭС в области нераспространения оружия массового поражения и ракетных средств его доставки, а также экспортного контроля, интересов национальной безопасности, что существует в настоящее время на стадии проекта, и типовыми списками объектов контроля [3].

Таким образом, имеет место парадоксальная ситуация: таможенное декларирование и таможенные операции с товарами, перемещаемыми в рамках ЕАЭС, не осуществляются, а экспортный контроль применяется.

Другой особенностью экспортного контроля является его структура. Так, в праве ЕАЭС к мерам экспортного контроля отнесены меры контроля за перемещением продукции военного назначения, но национальный порядок в России разделяет эти меры на две различные системы, однако связанные между собой, но имеющие самостоятельные нормативные правовые основы.

В данном контексте экспортный контроль как комплекс мер регулирования внешнеэкономических операций с определенными товарами можно представить как двухуровневую систему:

1. Экспортный контроль в широком смысле (международный уровень), который объединяет меры, применяемые при перемещении различных видов продукции – как товаров двойного, так и товаров военного назначения [4].

2. Экспортный контроль в узком смысле (национальный уровень) – применяется только в отношении товаров двойного применения. Продукция военного назначения имеет собственную систему регулирования.

**Таблица 1**

Экспортный контроль в системе запретов и ограничений в ЕАЭС

| № п/п | Меры, применяемые в торговле с третьими странами (единый порядок) | Меры, применяемые во взаимной торговле (национальный порядок) |
|---|---|---|
| 1 | Меры нетарифного регулирования | Меры экспортного контроля |
| 2 | Меры, затрагивающие внешнюю торговлю товарами и вводимые исходя из национальных интересов | |
| 3 | Меры технического регулирования | |
| 4 | Санитарно-эпидемиологические и радиационные требования | |
| 5 | Ветеринарные требования | |
| 6 | Карантинные фитосанитарные требования | |

Примечание. Меры, указанные в пунктах 4–6 табл. 1, могут при необходимости применяться во взаимной торговле.

Как и любую систему экспортный контроль можно представить как совокупность следующих элементов:

– нормативная правовая база, устанавливающая методы и средства регулирования;

– объект регулирования – товары двойного и военного назначения и внешнеэкономические операции с ними;

– разрешительная система, предполагающая применение лицензий, разрешений и иных документов, подтверждающих соблюдение ограничений;

– система органов и организаций, реализующих определенные функции по контролю за деятельностью лиц в данной сфере и оборотом определенных товаров, выдаче разрешительных и иных документов, идентификации контролируемых товаров.

В рамках экспортного контроля применяются меры регулирования, объединенные в две системы по группам подконтрольных товаров, имеющие различные нормативно-правовые основы, две системы контролирующих органов, различную номенклатуру подконтрольных товаров, две различные системы разрешительных документов (табл. 2).

Объединены эти системы характером мер, которые являются преимущественно национальными и неэкономическими по своей сути, приоритетом интересов государства в сфере внешней торговли подконтрольными товарами, методом реализации мер, осуществляемых посредством применения разрешительного порядка осуществления внешнеэкономической деятельности с подконтрольными товарами – использованием лицензий и иных разрешений.

Применение мер экспортного контроля как в отношении товаров двойного, так и военного назначения обусловлено интересами национальной безопасности, которые обеспечиваются государством в лице уполномоченных органов власти, интересы участников внешнеторговой деятельности являются в данном контексте вторичными. Если осуществление внешнеэкономической сделки с определенным объектом экспортного контроля может нанести ущерб национальной безопасности или интересам государства, то такая сделка не допускается, участнику внешнеэкономической деятельности запрещается осуществлять перемещение товара через границу России и не отказывается в возможности получения разрешительных документов.

Данное обстоятельство также отличает экспортный контроль от других запретов и ограничений, связанных с подтверждением права на импорт и (или) экспорт товаров, в частности мер нетарифного регулирования, реализуемых посредством квотирования, где государство при введении запретов и ограничений и контроле за их соблюдением ориентируется на состояние рынка конкретного товара, например, сельскохозяйственной продукции, учитывает «наполненность» рынка товарами национального производства и регулирует импорт товаров так, чтобы ограничения в отношении иностранных товары могли способствовать развитию конкурентных преимуществ национальных изготовителей. При применении мер экспортного контроля состояние рынка и интересы импортеров и экспортеров не носят приоритетного характера, поскольку природа и специфические свойства товаров, относимых к объектам экспортного контроля, могут наносить ущерб интересам государства и безопасности населения.

**Таблица 2**

Элементы системы экспортного контроля в широком смысле и их содержание

| № п/п | Элементы системы контроля | Объекты контроля | |
|---|---|---|---|
| | | Товары двойного применения | Продукция военного назначения |
| 1 | Нормативная правовая база | Федеральный закон от 18 июля 1999 г. № 183-ФЗ «Об экспортном контроле» | Федеральный закон от 19 июля 1998 г. № 114-ФЗ «О военно-техническом сотрудничестве Российской Федерации с иностранными государствами» |
| 2 | Перечни контролируемой продукции | Списки контролируемых товаров и технологий (6 указов Президента), отдельные товары (ст. 20 федерального закона от 18 июля 1999 г. № 183-ФЗ) | Классификатор продукции военного назначения (1 указ Президента) |
| 3 | Система разрешений на право перемещения товаров | Лицензии, разрешения и иные документы | Лицензии и иные документы |
| 4 | Специально уполномоченный орган | Федеральная служба по техническому и экспортному контролю | Федеральная служба по военно-техническому сотрудничеству |

В подтверждение такого вывода можно привести следующий факт: Китай является крупнейшим торговым партнером России, на долю которого приходится 14,3 % торгового оборота России или 18,4 млрд долл. США по итогам 1 квартала 2017 г. [5]. В сложившихся условиях ограничительные меры не способствуют развитию отношений, а наоборот, создают определенные барьеры, однако поставки определенных товаров двойного назначения, например некоторых электронно-оптических преобразователей, подпадают под запрет, в ряде случаев уполномоченными органами принимаются решения об отказе в выдаче разрешительных документов на вывоз товаров.

Система контроля за осуществлением внешнеэкономических операций с товарами двойного и военного назначения предусматривает «категорирование» лиц, допущенных к такой деятельности, то есть на нормативно-правовом уровне определяются категории лиц, которые имеют право на перемещение такой продукции через границу. Так, осуществлять трансграничное перемещение товаров двойного назначения могут только российские лица, что прямо указано в статье 1 соответствующего закона [5]. Причем под российскими лицами в данном контексте понимаются:

– юридические лица;

– физические лица, являющиеся гражданами России, и иностранные лица, получившие в Российской Федерации вид на жительство;

– физические лица, являющиеся субъектами предпринимательской деятельности.

Поставки военной продукции доступны еще более узкому кругу лиц – только субъектам военно-технического сотрудничества, которыми могут быть только определенные российские юридические лица [7]. Последнее обстоятельство позволяет сделать вывод, что на ввоз и (или) вывоз продукции военного назначения установлено исключительное право.

Для перемещения продукции военного назначения вне рамок военно-технического сотрудничества установлен особый порядок, связанный с применением специальной таможенной процедуры при перемещении воинских грузов.

Что касается физических лиц, перемещающих товары в неторговом обороте, объекты экспортного контроля не относятся к товарам для личного пользования, следовательно, такая деятельность может считаться только коммерческой и, соответственно, подпадает под все запреты и ограничения, в частности под разрешительный порядок.

Таким образом, государство строго регламентирует перечень участников внешнеторговой деятельности с контролируемой продукцией и исключает возможность трансграничного перемещения этих товаров в неторговом обороте, а также иностранными лицами в любых целях, поскольку получать разрешительные документы имеют право только российские лица, что следует из содержания нормативных правовых актов, устанавливающих порядок выдачи лицензий и разрешений в сфере экспортного контроля.

Наибольший интерес и самую сложную практическую проблему представляет номенклатура контролируемых товаров, при этом, как видно из табл. 2, она разная в различных областях – товары двойного применения включены в несколько списков, продукция военного назначения поименована в соответствующем классификаторе. Практическая проблема в данном случае означает как многообразие самой номенклатуры и ее значительный объем, так и сложность идентификации товаров. Кроме того, под товарами в данном случае понимаются как собственно товары, то есть определенные предметы, изделия, оборудование, вещества и т.п., так и техническая документация, содержащая информацию о таких товарах, результаты интеллектуальной деятельности, технологии их изготовления, работы и услуги. Поскольку номенклатуры и принцип их формирования в сфере товаров двойного и военного назначения различны, то рассмотреть их особенности необходимо по отдельности.

Главная особенность товаров двойного применения заключается, как это следует из их названия, в их «двойственной» природе, что означает следующее – сами товары являются по происхождению гражданскими, то есть изначально не создаются как военные и могут применяться в мирных целях, но обладают свойствами, которые позволяют их использовать в производстве продукции военного назначения, что делает их особо опасными. Другими словами, товары двойного назначения могут трансформироваться при определенных условиях и операциях с ними в продукцию, используемую исключительно в военных целях.

Самым простым способом минимизации риска такой потенциальной трансформации является, конечно, полный отказ от использования этих товаров в народном хозяйстве. Но данное обстоятельство нецелесообразно и в целом невозможно, потому что таких товаров очень много, область их «мирного» применения очень широка – ядерные материалы в атомной энергетике;

промышленная пиротехника в строительстве и горно-шахтном деле; металлообрабатывающее оборудование в металлургии и машиностроении; лазеры и аналогичные приспособления во многих сферах хозяйства, от приборостроения до космических исследований.

Таким образом, для подобных товаров были разработаны ряд перечней, предполагающих особый контроль государства за их перемещением, в частности, в международном товарообороте – применение разрешительного порядка. В России эти списки утверждены указами Президента, товары распределены по спискам в соответствии с их свойствами в части пригодности использования в различных видах оружия массового поражения – ядерном, химическом, биологическом, при создании «обычных вооружений» и ракетных средств доставки оружия массового поражения. Списки периодически пересматриваются, обновляются, в них включаются новые позиции.

В целях практического применения списков используется общий принцип идентификации товаров в системе запретов и ограничений – сопоставление информации о конкретных товарах со сведениями в списках по классификационному коду, наименованию и области применения товаров, с учетом их характеристик и показателей, что носит название общих и частных признаков объектов экспортного контроля. Необходимо отметить, что сведения о продукции в списках являются достаточно подробными, помимо общетехнического названия некой общности товаров, приводятся сведения о материале, химическом составе, конструкции и т.п., поэтому на практике применять данные списки значительно удобнее, чем, в частности, единый перечень товаров, к которым применяются меры нетарифного регулирования, систематизирующий товары гражданского назначения и содержащий в основном не такую подробную информацию об объектах контроля, а также имеющий возможности двоякого толкования ряда позиций.

Однако данные списки не являются исчерпывающими, в этом заключается их главный недостаток, причем эта особенность закреплена нормативно – в статье 20 федерального закона от 18 июля 1999 г. № 183-ФЗ «Об экспортном контроле» [6]. Это означает, что существует некоторая часть продукции, которая обладает свойствами двойного применения, но определяется это в каждом конкретном случае компетентным органом, причем учитывается не только характер товара, но и иные факторы, имеющие важное значение для экспортного контроля в целом – страна назначения, конечный пользователь товара и профиль его деятельности и иные. Другими словами, номенклатура товаров двойного применения является «открытой», продукция может быть отнесена к контролируемой индивидуально.

Следующая проблема заключается в недоступности информации о продукции, не включенной в списки, так как в некоторых случаях сведения о свойствах таких товаров имеются в распоряжении только контролирующих органов, то есть являются информацией ограниченного распространения, участники внешнеторговой деятельности не могут ознакомиться с этой информацией в открытых источниках – в справочниках нормативных документов, на официальных сайтах контролирующих органов и др.

Различны и нюансы применения разрешительного порядка в данных обстоятельствах – ввоз и вывоз товаров, включенных в списки, регулируется посредством лицензирования специально уполномоченным органом, не поименованная в списках продукция подпадает под необходимость оформления разрешения межведомственного органа в области экспортного контроля [8].

Общность схем применения разрешительного порядка заключается в сложной процедуре выдачи разрешительного документа – лицензии или разрешения, – которой предшествует в обоих случаях государственная экспертиза сделки, что отличает разрешительный порядок в области экспортного контроля от разрешительного порядка перемещения гражданских товаров, где такая экспертиза не проводится, но выдаче лицензии предшествует процедура согласования выдачи лицензии через оформление разрешения на ввоз и (или) вывоз товара компетентным органом власти.

Еще сложнее обстоят дела с номенклатурой продукции военного назначения, не существует даже списка товаров в его традиционном понимании, содержащего названия и описания объектов контроля, классификационных кодов и области применения товаров, имеется только соответствующий классификатор, который включает названия категорий предметов, отнесенных к различным видам продукции военного назначения, и коды этих категорий. Унифицированные обозначения товаров, к которым можно отнести классификационные коды в соответствии с Товарной номенклатурой внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза (ТН ВЭД ЕАЭС), этим классификатором не предусмотрены. Кроме того, критериев отнесения товаров

к поименованным в классификаторе как таковых нет, подобных общим и частным признакам товаров двойного применения. Необходимо отметить, что отличает продукцию военного назначение – создание ее по особым стандартам и функциональное применение исключительно в военных целях для реализации боевых задач.

При указанных обстоятельствах заинтересованные лица и контролирующие органы могут взаимодействовать только с уполномоченными на проведение идентификации товаров организациями: проводить идентификацию товаров двойного применения могут как аккредитованные Федеральной службой по техническому и экспортному контролю экспертные учреждения, так и сама служба, а идентификационную экспертизу на предмет отнесения товаров к продукции военного назначения имеет право осуществлять только Федеральная служба по военно-техническому сотрудничеству.

Принятие решения об отнесении конкретных товаров, перемещаемых в международном товарообороте, к той или иной категории является важным для применения запретов и ограничений, а именно, возможно ли вообще такое перемещение определенным лицом в заявленных целях в адрес получателя и конечного пользователя, какой разрешительный документ необходим. Идентификация контролируемых объектов является основным методом экспортного контроля.

## Выводы

Таким образом, применение мер экспортного контроля изначально отталкивается от определения статуса товаров на предмет их отнесения к контролируемой продукции, что зависит как от качества работы экспортных организаций, так и от полноты сведений о товарах в соответствующих документах и характеристиках продукции, включенной в номенклатуру объектов экспортного контроля. Необходимо на постоянной основе совершенствовать и актуализировать контрольные списки, систематизировать информацию о товарах, не поименованных в списках, развивать взаимодействие контролирующих органов в данном направлении.

Специфика объектов экспортного контроля, ограничения на осуществление внешнеэкономических операций с ними, приоритет интересов государства и национальной безопасности позволяют сделать вывод о возможности существования единого порядка экспортного контроля в рамках ЕАЭС только на уровне теоретических основ и общих типовых методик его применения, но конкретные меры регулирования и контроля, номенклатура товаров, имеющие стратегическое значение для отдельных государств, особенно в военной сфере, останутся на национальном уровне.

## Список литературы

1. Крупнейшие экспортёры вооружений и их покупатели. World Wide Web. URL: https://topwar.ru/114321-krupneyshie-eksportery-vooruzheniy-i-ih-pokupateli.html.

2. О военно-техническом сотрудничестве РФ с иностранными государствами: Федеральный закон № 183-ФЗ от 18.07.1999 г.: по состоянию на 11.10.2016. Режим доступа: СПС «Консультант Плюс»: World Wide Web. URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi.

3. О Евразийском экономическом союзе: договор от 29.05.2014 г.: по состоянию на 20.06.2017. Режим доступа: СПС «Консультант Плюс»: World Wide Web. URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi.

4. Об экспортном контроле: Федеральный закон № 183-ФЗ от 18.07.1999 г.: по состоянию на 20.06.2017. Режим доступа: СПС «Консультант Плюс»: World Wide Web. URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi..

5. Обзор внешней торговли Российской Федерации. World Wide Web. URL: http://new.ved.gov.ru/Article/Details/33114.

6. Российская продукция военного назначения поставляется в 52 страны мира. World Wide Web. URL: https://regnum.ru/news/polit/2253180.html.

7. Соглашение о едином порядке экспортного контроля государств – членов Евразийского экономического сообщества от 28.10.2003 г.: по состоянию на 20.06.2017. Режим доступа: СПС «Консультант Плюс»: World Wide Web. URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi.

8. Таможенный кодекс Таможенного союза: договор от 27.11.2009 г.: по состоянию на 20.06.2017. Режим доступа: СПС «Консультант Плюс»: World Wide Web. URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi.

УДК 338.465

# ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫЕ УСЛУГИ В УСЛОВИЯХ УГЛУБЛЕНИЯ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ И УРОКИ

**Джураева С.С.**

*Институт экономики и торговли Таджикского государственного университета коммерции, Худжанд, e-mail: sanavbar84@mail.ru*

Статья посвящена вопросам повышения роли сферы услуг в мировом хозяйстве в последние годы. Доказано, что такая тенденция присуща и национальной экономике Таджикистана. Исследованы роль и значение услуг, оказываемых жилищно-коммунальными хозяйствами страны. Аргументированы причины отсталости жилищно-коммунальных услуг в экономике Таджикистана, связанных с реализацией рыночных реформ. Исследован опыт зарубежных стран в аспекте организации и ведения жилищно-коммунальных услуг. Выявлены поучительные уроки из опыта зарубежных стран, которые можно применить в народном хозяйстве Таджикистана. Проанализированы соотношения расходов на коммунальные услуги к средней зарплате в мире и произведены сравнения с экономикой Таджикистана. На основе проведенного анализа регулирования ЖКХ в зарубежных странах обоснована реорганизация процессов управления сферы услуг, создание благоприятных условий в конкурентной среде и внедрение инновационных подходов в организации предоставления услуг. Сформулированы некоторые рекомендации, способствующие развитию ЖКХ в условиях углубления рыночных отношений.

**Ключевые слова: жилищно-коммунальные услуги, жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ), отраслевая структура ВВП, реформирование, заработная плата**

# HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE CONDITIONS OF INTENSIFICATION OF MARKET RELATIONS: FOREIGN EXPERIENCE AND LESSONS

**Dzhuraeva S.S.**

*Institute of Economy and Trade of the Tajik State University of Commerce, Khujand, e-mail: sanavbar84@mail.ru*

The proportion of expenditures of communal services to average world wage has been analyzed and the comparison with the economy of Tajikistan has been made. The role of sphere of services in the world economy for the recent years has been substantiated in the article. It has been proved that this tendency is intrinsic to the national economy too. Some recommendations, favored to the development of HCS in the conditions of intensification of market relations have been formulated. Based on the analysis of housing and communal services regulation in foreign countries, the reorganization of management processes in the service sector, the creation of favorable conditions in a competitive environment and the introduction of innovative approaches in the organization of the provision of services are justified. Some recommendations, favored to the development of HCS in the conditions of intensification of market relations have been formulated.

**Keywords: housing and communal services, housing and communal services (HCS), industrial structure of GDP, reforming, wages**

На протяжении последних трех десятилетий произошли коренные изменения во всех структурах национального хозяйства всех постсоциалистических государств, в том числе Таджикистана, что неминуемо привело к постепенному изменению отраслевых пропорций в развитии каждого отдельного общества. Вопрос о трансформации роли отраслей народного хозяйства в экономических системах различных стран становится все более актуальным, а процессы, происходящие внутри каждой отдельной сферы народного хозяйства в странах постсоветского пространства, определяют необходимость исследования природы структурных изменений в национальной экономике. Оценку тенденций в природе отраслевых пропорций в годы углубления рыночных отношений можно рассмотреть на основе изучения изменения доли каждого отдельного сектора экономики в формировании ВВП страны.

Как видно по данным табл. 1, в годы суверенитета в Таджикистане сфера услуг постепенно превращалась в одну из важнейших формирующих ВВП секторов экономики. Приведенные выше статистические данные свидетельствуют, что в рост объемов валового внутреннего продукта в 2005, 2010 и в 2015 годах значительный вклад внесла именно сфера услуг, где ее доля соответственно составляла 40,3; 47,8 и 42,9%. Эти данные самые высокие среди других секторов экономики. С другой стороны, в годовом измерении изменения доли сферы услуг к ВВП Таджикистана имеют почти линейную прогрессию в сторону роста, то есть возросли, с 25,4% в 1991 г. до 42,9% в 2015 г., то есть возросли менее чем в два раза.

**Таблица 1**

Отраслевая структура ВВП [1, с. 224]

| Отрасль | 1991 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ВВП | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Промышленность | 25,4 | 34,1 | 33,2 | 22,7 | 14,7 | 13,6 |
| Сельское хозяйство | 36,6 | 36,7 | 25,1 | 21,2 | 19,6 | 23,2 |
| Строительство | 10,4 | 3,2 | 2,1 | 4,6 | 10,2 | 12,5 |
| Услуги | 25,4 | 28,1 | 31,2 | 40,3 | 47,8 | 42,9 |

Общеизвестно, что к перечню сферы услуг относится слишком широкий круг отраслей экономики, по некоторым оценкам он охватывает более 150 видов, оказывающих различные услуги. Конечно, в рамках одной статьи рассмотреть все основные составляющие компоненты сектора услуг не представляется возможным и согласно заявленной в названии статьи цели рассматриваются лишь некоторые вопросы развития жилищно-коммунальных услуг в современной экономике. На наш взгляд, среди разновидностей услуг одну из главных позиций занимают жилищно-коммунальные услуги, оказываемые населению. Поскольку в любом обществе, особенно в настоящее время, где космический прогресс в обществе, углубление урабанизационных процессов, рост городов и повышение качества развития человеческой цивилизации непременно растут, повышается спрос и на жилищно-коммунальные услуги во всём мире, в частности и в Таджикистане.

Действительно с началом официального перехода к рыночным отношениям таджикское общество столкнулось с проблемой ухудшения качества и количества услуг, предоставляемых со стороны жилищно-коммунального хозяйства. Часть услуг, оказываемым данным сектором просто исчезла, часть стала сильно дорожать, стала недоступной широким кругам населения, часть потеряла качество и так далее.

Следует отметить, что процесс предоставления жилищно-коммунальных услуг бывшего Союза был самой эффективно-организованной структурой, что сегодня не встречается в мировой практике. Своеобразность советской сферы услуг в области ЖКХ характеризовалась дешевизной, а в отдельных случаях даже допускалась бесплатность в оказании услуг населению. Но, к сожалению, данная система в условиях рыночных отношений, где на первое место выходят только товарно-денежные отношения, по объективным причинам не имеет возможности существовать.

Одним словом, развал планового хозяйства постепенно оказывал серьёзное влияние на процесс оказания жилищно-коммунальных услуг.

В республике Таджикистан, как и в других странах постсоветского пространства, на начальном этапе рыночных реформ наблюдалась такая картина, когда игнорировалась оплата услуг со стороны населения, а порой скрывался факт использования жилищно-коммунальных услуг. Этот процесс продолжался долго, и связан он с несколькими причинами. Во-первых, население не было знакомо с новыми хозяйственными правилами и не было готово к жестким условиям рыночной экономики. Население ностальгировало о возможном возвращении к советской системе услуг в части ЖКХ. Во-вторых, развал плановой экономики привел к хаосу хозяйственных отношений, и, соответственно, общество не могло быстро адаптироваться к новым условиям, предлагаемым в сфере услуг ЖКХ. В-третьих, вследствие изменений политической и экономической ситуации, в начальные годы рыночных отношений весьма значительная часть жителей городов Таджикистана мигрировала в другие страны. Кроме этого произошел заметный рост переселения населения из сельской местности в крупные города республики, которые не были знакомы с условиями коммунального обслуживания населения.

В-четвертых, у населения еще сохранилась иждивенческая психология в части пользования услугами ЖКХ. Однако государственная гарантия в годы рыночных реформ часто нарушалась порой отсутствием финансовых, технических ресурсов, дефицитом запасных и детальных частей, а также из-за кадровых и других проблем, которые создавали большие неудобства в системе оказания услуг ЖКХ.

В-пятых, в годы реформ очень скромные низкие доходы населения, нехватка денежных средств обусловили невозможность и оплаты услуг ЖКХ, это было одной из существенных проблем в таджикском обществе.

В-шестых, отток в другие страны высококвалифицированных специалистов ЖКХ,

появление нового поколения «малограмотных специалистов», обусловили снижение не только объема, но и качества оказания услуг ЖКХ населению. Отсюда исходит, что в экономике Таджикистана в сфере ЖКХ сегодня требуется осуществление реформ в части подготовки кадров и развития кадрового потенциала, как в сфере ЖКХ, так и в других отраслях.

В-седьмых, в национальном хозяйстве недостаточно развиты правовые аспекты регулирования услуг ЖКХ, что иногда создает массу вопросов и недовольства со стороны населения. В частности, после приватизации имущества вопрос о том, кем должны были обслуживаться квартиры в многоэтажных домах, остался нерешенным. Другой вопрос – оплата за услуги коммунального работника, которая не являлась фиксированной и часто менялась, что порой вызывало недовольство населения и доходило до спорных судебных разбирательств между жильцами и коммунальщиками [2, с. 62].

С этой позиции рассмотрение опыта организации рынка коммунальных услуг в развитых и развивающихся странах становится актуальным, так как может позволить выявить основные направления в плане применения к условиям Республики Таджикистан.

Во-первых, общеизвестно, что стоимость услуг, оказываемых ЖКХ, во многих зарубежных странах существенно отличается. В Евросоюзе за использование воды платят дважды – непосредственно за подачу холодной воды по счетчику и за стоки. Вся вода, поступившая в квартиру, автоматически считается использованной. И не важно, что обитатель жилья ее выпил, решил сохранить в какой-либо емкости или полил цветы – за стоки придется платить в полном объеме. Так, в Германии стоимость стоков составляет порядка 3,22 евро за кубический метр, за холодную воду в среднем жители страны платят всего 69–75 евро в год [3, с. 3–14].

Стоимость электричества сильно разнится в зависимости от страны. В Болгарии, например, за 1 киловатт энергии придется заплатить 0,01 евро, а в Черногории тариф меняется в зависимости от времени суток: ночью электроэнергия стоит 0,06 евро, днем 0,08 евро. В Испании жители платят также 0,08 евро за 1 киловатт по счетчику за потребленную электроэнергию, однако доплачивают еще 0,54 евро в месяц в качестве абонентской платы. Лидирует по оплате за электроэнергию Дания, здесь за 1 киловатт приходится платить 0,44 евро, на втором месте Германия – 0,42 евро за 1 киловатт [4, с. 59].

Разновидность оказания услуг ЖКХ в развитых странах строится по логическому сценарию обслуживания общества. Так, в негазифицированном штате Флорида, оплата за электроэнергию, которую население чаще экономит, производится на основе автоматического режима. Услуга за электроэнергию ежемесячно снимается с кредитной карты индивида, а в случае неоплаты долгов за использованные услуги накапливается на кредитных картах. Так же, если в течение 90 дней не будут погашены долги за услуги, то в этом случае жильца выселят из собственной квартиры и до погашения долгов за коммунальные услуги квартира будет находиться под юрисдикцией администрации городского муниципалитета [5, с. 101].

В Китайской народной республике существует порядок предоплаты за услуги ЖКХ, поскольку все её структуры являются государственными, а должников за услуги в ЖКХ практически нет, что является уникальным примером оказания коммунальных услуг в системе ЖКХ. Здесь стоимости услуг определяются территориальным расположением муниципалитета. Например, цены услуг ЖКХ заметно выше в столице, нежели в регионах. Кроме этого ассортимент услуг ЖКХ, предоставляемых населению, многообразнее и шире в столицах по сравнению с регионами. В частности, включает в себя и такие разновидности услуг, как услуга индивидуального охранника, уборщика, лифтера, садовника, сантехника и других коммунальщиков, которые получают плату за свою работу. К примеру, если жилец дома вызвал мастера электрика, то за свои услуги он не получает денежное вознаграждение или чаевые [5, с. 104].

С другой стороны, на услуги ЖКХ в зарубежных странах значительно влияют финансовые возможности каждого человека. Несомненно, услуги ЖКХ в развитых странах зависят от дохода населения. Для успешного бизнесмена или для работника в стабильно оплачиваемых организациях стоимость услуг по ЖКХ не является серьезной нагрузкой, но для неработающего это огромная ноша. Почти во всех странах с рыночной экономикой такой тезис имеет место и даже в такой стране, как КНР, оплата услуг в ЖКХ – это обязательная и ответственная процедура для ее граждан.

Для нашей республики с минимальным доходом оплата коммунальных услуг является весьма проблематичной. Известно, что основными источниками дохода народа – это денежные переводы трудовых мигрантов. По оценкам международных аналитиков примерно 15% из этих денежных поступлений идут на погашения задолженности на электроэнергии, 12% на другие виды услуг. И это при условии, если в квартирах есть

электро- и водосчетчики, установленные государством за счет финансирования международными организациями [2, с. 37].

В табл. 2 показан сравнительный анализ расходов на коммунальные услуги в нашей республике и ряда зарубежных стран в соотношении к средней заработной плате. Такое исследование, по нашему мнению, весьма необходимый шаг при анализе, поскольку общие размеры доходы и расходы развитых стран несравнимы с практикой нашей республики. Однако в общем контексте по данным таблицы можно утвердить, что действительно система услуг ЖКХ нуждается в кардинальном реформировании. С другой стороны, при умелой организации производства система ЖКХ для любого государства этот сектор может стать важным источником заработки денежных ресурсов ради расширения государственной инвестиционных средств.

По данным табл. 2 видно, что средняя заработная плата в рассмотренных здесь развитых странах мира, в частности США, Германии, Англии, существенно выше по сравнению с остальными странами, приведенными в данной таблице. Среди государств постсоциалистического пространства, Китая и Греции, как свидетельствуют данные, средняя заработная плата составляет высокие величины в Польше и Китае. Что касается стран Центральной Азии, лидером по высокому уровню заработной платы является Казахстан. Если соотнести среднюю зарплату с Таджикистаном, то в Казахстане средняя зарплата выше в 3,5 раза. Само собой разумеется, высокий уровень заработной платы позволяет снижать напряженность, с подорожанием услуг ЖКХ, которое можно исчислять путем соотнесения уровня заработной платы с абсолютным значением стоимости услуг ЖКХ. Например, в американской экономике абсолютное значение стоимости услуг ЖКХ составляло 217,5 долларов США, что выше, чем средняя заработная плата в Таджикистане. Но в сравнении со средней заработной платой в США оно составляет около 7%, что является мизерной величиной. Данный показатель в экономике Казахстана, который является лидером среди стран Центральной Азии, составлял 16%, что почти в 2 раза выше по сравнению с США. Что касается Таджикистана, средние расходы на коммунальные услуги – 20,4 долларов США, что по отношению к средней зарплате составляло 20%. Это означает, что стоимость услуг ЖКХ для населения Таджикистана является нормальной нагрузкой.

Здесь, уместно сказать, какие виды услуг предлагают? Например, в вышеуказанных странах в систему услуг ЖКХ входят:

– услуги по очистке дворов;

– услуги охранника;

– услуги по озеленению и услуги садовника;

– ремонтные услуги, включая (ремонт домашних антенн на крыше, радиотелефонных аппаратов в домах);

– услуги по очистке крыш и подвалов, и многое другое, что соответствует вышеуказанным ценам.

**Таблица 2**

Соотношения расходов на коммунальные услуги к средней зарплате в мире и РТ за 2016 г. [6]

| № п/п | Страны | Средняя зарплата доллар. США | Средние расходы на коммунальные услуги, в доллар. США | Удельный вес к средней зарплате, в% | Износ основных фондов ЖКХ, в% | Среднегодовой рост цен на индекс услуг ЖКХ, в% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | США | 3065 | 217,5 | 7 | 19,3 | 0,8 |
| 2 | Германия | 2904 | 222,1 | 7,6 | 21,1 | 0,7 |
| 3 | Англия | 3018 | 240 | 8 | 18,6 | 0,6 |
| 4 | Польша | 766 | 191,5 | 25 | 24 | 0,9 |
| 5 | КНР | 740 | 44 | 6 | 12,3 | 0,2 |
| 6 | Латвия | 691 | 115 | 16,6 | 14,3 | 0,4 |
| 7 | Литва | 668 | 234 | 35 | 26 | 1,6 |
| 8 | Россия | 527 | 90,2 | 17,1 | 60 | 11,3 |
| 9 | Казахстан | 360 | 58 | 16 | 38 | 12,1 |
| 10 | Беларусь | 347 | 38,2 | 11 | 46 | 14,5 |
| 11 | Узбекистан | 235 | 42,3 | 18 | 58 | 16,3 |
| 12 | Киргизстан | 209 | 48 | 23 | 65 | 11,8 |
| 13 | Украина | 194 | 97 | 50 | 66 | 26,5 |
| 14 | Таджикистан | 100 | 20,4 | 20 | 74,2 | 12,9 |

Отсюда в дальнейшем государственным органам власти необходимо принимать меры по осуществлению структурных реформ в аспекте решения проблемы отсталости, системы ЖКХ, и упразднить причины её деградации. На основе проведенного анализа регулирования ЖКХ в зарубежных странах можно рекомендовать принятие следующих направлений в коммунальной сфере Таджикистана:

– создавать благоприятные условия для развития конкурентных отношений посредством разрешений вопросов допуска частного сектора в сферу ЖКХ;

– реорганизация структуры управления жилищно-коммунального хозяйства, так чтобы эффективно стимулировать активность как государственных, так и частных структур в предоставлении жилищно-коммунальных услуг;

– внедрить инновационные подходы, как в организации предоставлении услуг, так и в вопросах тарифного регулирования;

– соблюдать государственное регулирование монопольных секторов и обязательное сохранение льготных условий для определенных категорий пользователей жилищно-коммунальных услуг;

– совершенствовать законодательные основы развития государственно-частного партнерства в предоставлении услуг ЖКХ.

Реализация отмеченных мер, хотя является неполным перечнем, но вносить большой вклад в процесс расширения ассортимента и повышения качества предоставлении жилищно-коммунальных услуг на перспективу.

**Список литературы**

1. Таджикистан: 25-лет государственной независимости. Статистический сборник. – Душанбе: Агентство по статистике при Президенте Республики Таджикистан, 2016. – 521 с.

2. Программа реабилитации системы ЖКХ в Республике Таджикистан. – Душанбе: Государственное унитарное предприятия «Хочагии манзилию коммунали», 2015. – 162 с.

3. Брискер О.П. Система управления жилищно-коммунального хозяйства в странах центральной и восточной Европы / О.П. Брискер. – Уфа: АЭТЕРНА, 2015. – С. 3–14.

4. Додатко Т., Пчелкин В., Арцишевский Л. Реформа жилищно-коммунального комплекса / Т. Додатко, В. Пчелкин, Л. Арцишевский // Экономист. – 2015. – № 8. – С. 59.

5. Игнатов В.Г., Бутов В.И. Зарубежный опыт местного самоуправления и его реформирования / В.Г. Игнатов, В.И. Бутов. – Ростов-н/Д.: СКАГС, 2014. – 144 с.

6. Портал жилищно-коммунальное хозяйство России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http// www. gkx.by (дата обращения: 10.05.2017).

УДК 658.51:622

# ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА УРОВНЕ РЕГИОНА

**[1]Ембулаев В.Н., [2]Тонких А.И.**

*[1]Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток, e-mail: Vladimir.Embulaev@vvsu.ru;*

*[2]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: tai_43@mail.ru*

Организационная структура управления угольной промышленностью на уровне региона представляет собой трёхуровневую (многоуровневую) иерархическую структуру, в которой общую задачу управления можно представить как состоящую из нескольких «элементарных» двухуровневых подсистем. Математическое описание задачи взаимодействия между элементами в многоуровневой иерархической структуре основано на обобщении полученных результатов для двухуровневых подсистем. В каждой двухуровневой подсистеме на верхнем уровне имеется один элемент, который связан с несколькими элементами на нижнем уровне. Взаимодействие между элементами происходит по следующей схеме: для каждого элемента на нижнем уровне конструируется задача векторной оптимизации и решение, оптимальное для всей подсистемы, ищется в пределах эффективного множества (множества Парето) значений этой задачи. На основе этой процедуры взаимодействия между элементами в целях поиска оптимального решения были разработаны безытеративный (однократный обмен информацией между уровнями) и итеративный (многократный обмен информацией между уровнями) алгоритмы координации.

**Ключевые слова: угольная промышленность, регион, управление, иерархическая многоуровневая структура, взаимодействие элементов.**

# FORMALIZATION OF MANAGEMENT TASKS IN COAL INDUSTRY IN THE REGION

**[1]Embulaev V.N., [2]Tonkikh A.I.**

*[1]Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: Vladimir.Embulaev@vvsu.ru;*

*[2]Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: tai_43@mail.ru*

Organizational structure of management of the coal industry in the region is a three-tiered (multi-level) hierarchical structure in which the overall control problem can be thought of as consisting of several «elementary» two-level subsystems. Mathematical description of the interaction problem between cells in a multi-level hierarchical structure based on generalization of the results obtained for two-level subsystems. In each two-level subsystem at the top level there is one element that is associated with multiple elements on the lower level. The interaction between the elements occurs according to the following scheme: for each item on the lower level is constructed, the task of vector optimization and the decision that is right for entire subsystem is searched within the efficient set (Pareto set) of values that task. Based on this procedure, interaction between elements in order to find optimal solutions have been developed basicerotini (single information exchange between levels) and iterative (repeated exchange of information between the levels) algorithms for coordination.

**Keywords: coal industry, region, management, multi-level hierarchical structure, the interaction of elements**

В состав Дальневосточного экономического региона входят 9 субъектов Федерации: Республика Саха, Приморский, Хабаровский и Камчатский края, Амурская, Магаданская и Сахалинская области, Еврейская автономная область и Чукотский автономный округ. В каждом из них имеется несколько угольных месторождений. Например, в Приморском крае имеется 6 угольных месторождений: Бикино-Уссурийское, Ханкайское, Угловское, Партизанское, Раздольненское. На каждом угольном месторождении имеется несколько шахт и разрезов. Например, на Раздольненском месторождении имеются следующие шахты и разрезы: Липовецкий, Ильичёвский, Константиновский, Уссурийский и Алексее-Никольский [1, 2].

Следовательно, объект управления угольной промышленностью на уровне региона можно представить в виде трёхуровневой иерархической структуры (см. рисунок): регион – субъекты Федерации – угольные месторождения. В свою очередь и субъект управления тоже может быть представлен в виде трёхуровневой иерархической структуры: регион (1-й уровень) управляет субъектами Федерации, субъект Федерации (2-й уровень) управляет угольными месторождениями, которые (3-й уровень) управляют шахтами и разрезами.

Такое описание объекта и субъекта управления в угольной промышленности на уровне региона позволяет рассматривать данную трёхуровневую иерархическую структуру управления как бы состоящую из конечного числа двухуровневых подсистем, в которых на верхнем уровне (на первом и втором уровнях) имеются по

одному элементу, а на соответственно нижнем уровне (на втором и третьем уровнях) имеется по несколько элементов, причём каждый из них связан с одним и только с одним элементом на верхнем уровне. Это означает, что общая задача управления в угольной промышленности на уровне региона разбивается на ряд локальных (двухуровневых) подзадач, решаемых соответствующими органами управления. В работе [3] была рассмотрена постановка задачи управления в системе с двухуровневой иерархической структурой и разработаны итеративные и безытеративные алгоритмы координации в таких системах. Теперь попытаемся обобщить полученные результаты и для иерархических систем, в которых имеется больше чем два уровня (на примере региона с трёхуровневой иерархической структурой).

Представленная на рисунке иерархическая структура имеет K = 3 уровня, на каждом из которых содержится по $N_k$ элементов, где $k \in [1, K]$ ($N_1 = 1$, $N_2 = 5$, $N_3 = 11$). Каждый элемент k-го уровня, начиная со второго, связан с одним и только с одним элементом вышестоящего уровня. Это позволяет ввести обозначение множества $J_{ki}, k \in [1, K-1]$, соответствующее множеству индексов элементов (k + 1)-го уровня, относящихся к элементу (k, i) – i-й элемент k-го уровня. (На рисунке имеем, что $J_{11} = \{1; 2; 3; 4; 5\}$, $J_{21} = \{1; 2; 3\}$, $J_{22} = \{4; 5\}$, $J_{23} = \{6; 7\}$, $J_{24} = \{8\}$, $J_{25} = \{9; 10; 11\}$).

Для множества $J_{ki}$ справедливы свойства:

$$\bigcup_{i \in [1, N_k]} J_{ki} = [1, N_{k+1}]; \quad J_{ki_1} \bigcap J_{ki_2} = \varnothing$$

при $i_1 \neq i_2$.

Далее будем считать, что состояние элемента (k, i) характеризуется вектором $x_{ki}$, где $k \in [1, K]$, $i \in [1, N_k]$, передаваемые на верхний уровень показатели этого элемента обозначаются вектором $F_{ki}(x_{ki})$, а $\Phi_{ki}(x_{ki})$ является векторным критерием элемента.

Взаимосвязь между элементами на разных уровнях задаётся следующим соотношением:

$$x_{ki} = \{F_{k+1\,j},\ j \in J_{ki}\},\ k \in [1, K-1],\ i \in [1, N_k], \quad (1)$$

(на рисунке $x_{11} = (F_{21}, F_{22}, F_{23}, F_{24}, F_{25})$, $x_{21} = (F_{31}, F_{32}, F_{33})$ и т.д.). Согласно введённым обозначениям, состояние элемента (k, i) определяется совокупным вектором показателей элементов (k + 1)-го уровня, относящихся к элементу (k, i).

Укажем ограничения, которым должны удовлетворять векторы $x_{ki}$.

Для K-го (самого нижнего) уровня ограничения записываются в виде

$$x_{Ki} \in X_{Ki}\ ,\ i \in [1, N_K], \quad (2)$$

где $X_{Ki}$ – некоторые множества.

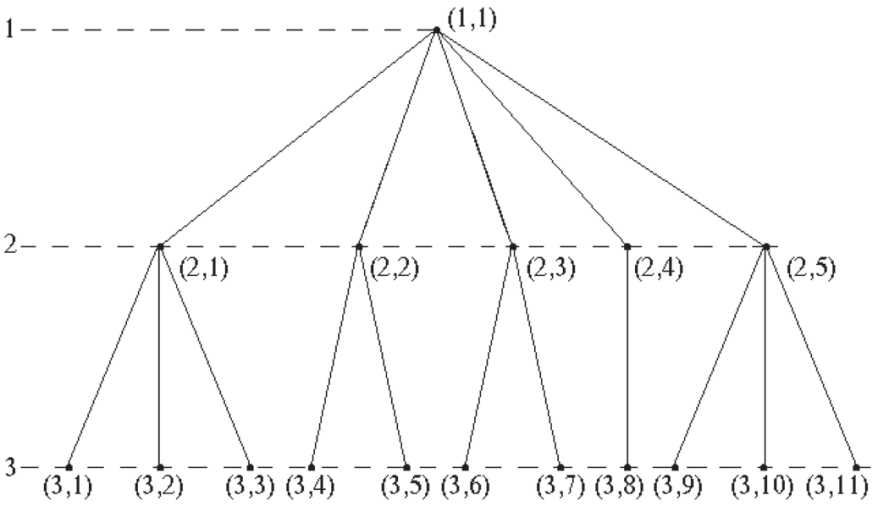
Векторы $x_{ki}$, где $k \in [1, K-1]$, должны удовлетворять ограничениям

$$x_{ki} \in X_{ki} = X^1_{ki} \bigcap X^2_{ki}, \quad (3)$$

где

$$X^1_{ki} = \langle x_{ki} = \{F_{k+1j},\ j \in J_{ki}\} / F_{k+1j} = F_{k+1j}(x_{k+1j});\ x_{k+1j} \in X_{k+1j} \rangle;\ X^2_{ki} = \langle x_{ki} / H_{ki}(x_{ki}) \geq b_{ki} \rangle,$$

где $H_{ki}$ – вектор функции; $b_{ki}$ – векторы.




*Система элементов трёхуровневой иерархической структуры*

Так, например, для элемента при k = 2 и i = 1 имеем: $x_{21} = (F_{31}, F_{32}, F_{33})$;

$$X^1_{21} = \langle x_{21} = (F_{31}(x_{31}), F_{32}(x_{32}), F_{33}(x_{33}))/x_{3i} \in X_{3i}, i = 1, 2, 3\rangle;$$

$$X^2_{21} = \langle x_{21}/H_{21}(x_{21}) \geq b_{21}\rangle.$$

В связи с совпадением целевых функций системы и элемента первого уровня их можно записать как

$$H_{11}(x_{11}) \to \max. \quad (4)$$

Данные теоретические изложения показывают, что формализация задачи управления в системе с многоуровневой иерархической структурой является задача (1)–(4). А в работе [4] показано, что такие задачи имеют решение в виде

$$x^* = \left\{x^*_{ki}, k \in [1, K], i \in [1, N_k]\right\}.$$

Для решения данной задачи, аналогично, как и для двухуровневых иерархических систем, введём следующее предположение: для элементов всех уровней, начиная со второго, выполняются условия

$$x^*_{ki} \in P^X_{ki},$$

где $P^X_{ki}$ – множество Парето задачи векторной оптимизации

$$\Phi_{ki}(x_{ki}) \to \max,\ k \in [2, K],\ k \in [2, K],\ i \in [1, N_k],$$

где $\Phi_{ki}$ – векторный критерий элемента (k, i).

Чтобы вводимое предположение выполнялось достаточно задать условия в виде следующего *утверждения*: пусть для функций $H_{ki}$ и $F_{ki}$ выполняются следующие условия монотонности:

1) $x^1_{ki} \geq x^2_{ki} \Rightarrow H_{ki}(x^1_{ki}) \geq H_{ki}(x^2_{ki}),\ k \in [2, K],\ i \in [1, N_k]$;
2) $x^1_{ki} \geq x^2_{ki} \Rightarrow F_{ki}(x^1_{ki}) \geq F_{ki}(x^2_{ki}),\ k \in [2, K],\ i \in [1, N_k]$;
3) $x^1_{11} \geq x^2_{11} \Rightarrow H_{11}(x^1_{11}) \geq H_{11}(x^2_{11})$.

И если положить, что

$$\Phi_{ki}(x_{ki}) = F_{ki}(x_{ki}),\ k \in [1, K-1],\ i \in [1, N_k],$$

то этого вполне достаточно, чтобы убедиться в справедливости вводимого предположения, т.е. вектор показателей выбрать в качестве векторного критерия элементов.

Если считать, что вводимое предположение не выполняется, то существует элемент $(k_0, i_0)$ (при доказательстве данного утверждения будем считать, что $i_0 = 1$), для которого найдётся такая точка $\overline{x}_{k_0 1} \in X_{k_0 1}$, что $F_{k_0 1}(\overline{x}_{k_0 1}) \geq F_{k_0 1}(x^*_{k_0 1})$. Но поскольку $\overline{x}_{k_0 1} \in X_{k_0 1}$, тогда найдутся элементы $\overline{x}_{k_0+1j} \in X_{k_0+1j}$, $j \in J_{k_0 1}$, такие, что $\overline{x}_{k_0 1} = \left\{F_{k_0+1j}(\overline{x}_{k_0+1j}),\ j \in J_{k_0 1}\right\}$.

И если теперь из точки $(k_0, 1)$ опускаться вниз по пирамиде, то неизбежно обнаружим, что существуют допустимые векторы $\overline{x}_{k_0+2j}, ..., \overline{x}_{Kj}$, позволяющие достигнуть вектор $\overline{x}_{k_0 1}$.

При движении по пирамиде вверх от элемента $(k_0, 1)$ на вышестоящие уровни $k_0 - 1, k_0 - 2, ..., 2, 1$, на каждом из них тоже будут элементы с первыми номерами в пределах своего уровня: $(k_0 - 1, 1)$, $(k_0 - 2, 1)$, ..., $(2, 1)$, $(1, 1)$.

Рассмотрим точку

$$\overline{x}_{k_0-11} = \langle \overline{F}_{k_0 1}, \left\{F^*_{k_0 j},\ j \underset{j \neq 1}{\in} J_{k_0-11}\right\}\rangle.$$

Но поскольку $\overline{F}_{k_0 1} \geq F^*_{k_0 1}$, то из этого следует, что $\overline{x}_{k_0-11} \geq x^*_{k_0-11}$. А из условий монотонности (см. *утверждение*) вытекает, что $F_{k_0-11}(\overline{x}_{k_0-11}) \geq F^*_{k_0-11}$ и $H_{k_0-11}(\overline{x}_{k_0-11}) \geq H_{k_0-11}(x^*_{k_0-11}) \geq b_{k_0-11}$. А это соответствует тому, что $\overline{x}_{k_0-11} \in X_{k_0-11}$.

Аналогичные рассуждения приводят к тому, что существует некоторая точка $\overline{x}_{11}$, $\overline{x}_{11} \in X_{11}$ и что выполняется $\overline{x}_{11} \geq x^*_{11} \Rightarrow H_{11}(\overline{x}_{11}) > H_{11}(x^*_{11})$. А это противоречит оптимальности точки $x^*_{11}$.

В работе [3] осуществлена математическая постановка задачи управления в системе с двухуровневой иерархической структурой, и предложены безытеративный и итеративный алгоритмы координации в качестве решения данной задачи. При безытеративном алгоритме координации происходит однократный обмен информацией между уровнями. При итеративном алгоритме координации оптимальное решение определяется в ходе многократного обмена информацией между уровнями.

Теперь попытаемся обобщить эти методы решения и для задач управления в системах с многоуровневой иерархической структурой.

*Безытеративный алгоритм координации*. Для элементов самого нижнего K-го уровня вводятся в рассмотрение задачи векторной оптимизации

$$\Phi_{Ki}(x_{Ki}) \to \max; \quad x_{Ki} \in X_{Ki}, \ i \in [1, N_K]. \quad (5)$$

Предположим, что вектор

$$S_{Ki} = \left\{F_{Ki}(x_{Ki}), \ x_{Ki} \in P_{Ki}^X\right\}$$

является вектором решения задачи. Подымаясь по пирамиде вверх на (K–1)-й уровень, передаётся множество $Q_{Ki}$, которое является подмножеством множества $S_{Ki}$. В частности, может быть $Q_{Ki} = S_{Ki}$.

Укажем несколько возможных вариантов задания множества $Q_{Ki}$ [4, 5].

1. Если множество $X_{Ki}$ состоит из конечного числа точек, то подмножество $Q_{Ki}$ также состоит из конечного числа точек. При небольшом количестве точек $Q_{Ki} = S_{Ki}$. В противном случае методами кластерного анализа производится «сжатие» информации, в результате чего передаваемое подмножество $Q_{Ki}$ будет содержать заданное число точек.

2. Задача векторной оптимизации (5) является задачей многокритериального линейного программирования, а показатели $F_{Ki}(x_{Ki})$ также являются линейными функциями. Тогда в качестве подмножества $Q_{Ki}$ можно использовать линейную комбинацию эффективных крайних точек многогранника $Y_{Ki} = \left\{F_{Ki}(x_{Ki}), \ x_{Ki} \in X_{Ki}\right\}$ [6].

3. В случае, когда задача (5) является нелинейной многокритериальной задачей, можно аппроксимировать множество $S_{Ki}$ конечной ε-сетью или проводить многогранную аппроксимацию.

Для элементов на уровнях K–1, ...,3, 2 вводятся задачи векторной оптимизации:

$$\Phi_{ki}(x_{ki}) \to \max; \ x_{ki} = \left\{F_{k+1j}, j \in J_{ki}\right\};$$
$$F_{k+1j} \in Q_{k+1j}; \ H_{ki}(x_{ki}) \ge b_{ki},$$

где

$$k \in [2, K-1]; \ i \in [1, N_k]. \quad (6)$$

Решая эти задачи, формируют подмножества $Q_{ki}$, являющиеся аппроксимацией множеств $S_{ki} = \left\{F_{ki}(x_{ki}), \ x_{ki} \in P_{ki}^X\right\}$.

Рассмотрим несколько частных случаев задачи (6).

1. Пусть подмножества $Q_{k+1j}$ состоят из конечного числа точек, а функции $\Phi_{ki}$ и $H_{ki}$ являются линейными. Тогда задача (6) является задачей многокритериального целочисленного программирования:

$$\sum_{j \in J_{ki}} A_{k+1j} F_{k+1j} \to \max; \ \sum_{j \in J_{ki}} e_{k+1j} F_{k+1j} \ge \beta_{ki};$$
$$F_{k+1j} \in Q_{k+1j},$$

где $Q_{k+1j}$ – конечные множества, $A_{k+1j}$ – прямоугольная матрица, $B_{k+1j}$ – невырожденная подматрица (базис) матрицы $(A_{k+1j}, I)$, где I – квадратная единичная матрица [7].

2. Подмножества $Q_{k+1j}$ являются многогранниками, заданными своими вершинами $F_{k+1j}^t$, где $t \in [1, T_{k+1j}]$.

По-прежнему считая функции $\Phi_{ki}$ и $H_{ki}$ линейными, получим задачу многокритериального линейного программирования:

$$\sum_{j \in J_{ki}} \sum_{t \in [1, T_{k+1j}]} A_{k+1j}^t \lambda_{k+1j}^t \to \max;$$
$$\sum_{j \in J_{ki}} \sum_{t \in [1, T_{k+1j}]} B_{k+1j}^t \lambda_{k+1j}^t \ge b_{ki};$$
$$\sum_{t \in [1, T_{k+1j}]} \lambda_{k+1j}^t = 1, \ j \in J_{ki}.$$

Подымаясь по пирамиде вверх и оказавшись на самом верхнем, первом уровне, решается обычная задача математического программирования:

$$H_{11}(x_{11}) \to \max; \ x_{11} = \left\{F_{2j}, \ j \in [1, N_2]\right\};$$
$$F_{2j} \in Q_{2j}, \ j \in [1, N_2].$$

*Итеративный алгоритм координации*. На примере многоуровневой иерархической системы, приведённой на рисунке, покажем схему итеративного алгоритма координации. Пусть $\omega^1 = (\omega_{21}, \omega_{22}, \omega_{23}, \omega_{24}, \omega_{25})$ – вырабатываемый элементом самого верхнего, первого уровня координирующий сигнал, который посылается элементам второго уровня. После получения элементом (2, i), i∈ [1, 5] координирующего сигнала $\omega_{2i}$, условием оптимальности функционирования можно представить в виде следующей задачи:

$$R(\omega_{2i}, x_{2i}) \to \max;$$
$$x_{2i} = \left\{F_{3j}, \ j \in J_{2i}\right\};$$
$$H_{2i}(x_{2i}) \ge b_{2i};$$
$$F_{3j} \in Y_{3j} = \left\{F_{3j}(x_{3j}), \ x_{3j} \in X_{3j}\right\}. \quad (7)$$

Заметим, что задача (7) является рассмотренной в работе [3] задачей координации в двухуровневой системе, поэтому процедура решения заключается в том, что элементам третьего уровня координирующие

сигналы формирует элемент (2, i). Эти координирующие сигналы позволяют осуществить свёртку многокритериальных задач элементов третьего уровня в задачи математического программирования:

$$R(\omega_{3j}, x_{3j}) \to \max;$$

$$x_{3j} \in X_{3j},\ j \in J_{2i}. \qquad (8)$$

На основе полученных результатов при решении задач (8) элемент (2, i) решает координирующую задачу и вырабатывает новые координирующие сигналы для элементов третьего уровня. В результате итеративного обмена информацией между элементом (2, i) и подчинёнными ему элементами третьего уровня определяется решение задачи (7), которое зависит от координирующего сигнала $\omega_{2i}$.

Далее уже на самом первом уровне формируется и решается координирующая задача элемента, в результате чего появляется новое значение координирующего сигнала $\omega^1$. Когда элементы (2, i) получат этот сигнал, то они начинают вновь решать задачи координации подчинённых им элементов из третьей группы. И этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет найден оптимальный координирующий сигнал $\omega^{1*}$.

В работе показана возможность применения известных алгоритмов решения задач координации для трёхуровневых систем, состоящих из конечного числа двухуровневых подсистем (элементов). В зависимости от задания множества значений, описывающих состояние элементов в трёхуровневой системе, задачи координации могут быть представлены в виде задач целочисленного, линейного и математического программирования. А для таких задач разработаны и широко применяются на практике эффективные методы решения.

**Список литературы**

1. Яновский А.И. О состоянии и мерах по развитию угольной промышленности России // Уголь. – 2010. – № 8. – С. 3–11.

2. Ембулаев В.Н., Тонких А.И. Совершенствование управления предприятиями угольной промышленности в целях повышения конкурентоспособности: монография. – Владивосток: Изд-во «Дальнаука», 2010. – 243 с.

3. Ембулаев В.Н., Тонких А.И. Математическое описание задачи управления в угольной промышленности // Вестник ТОГУ. – 2011. – № 2 (21). – С. 129–138.

4. Johannes J. Vector Optimization: Theory, Applications, and Extensions. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2010. – 460 p.

5. Yu. K. Mashunin, K. Yu. Mashunin. Simulation and Optimal Decision Making the Design of Technical Systems (2. The decision with a criterion priority) // American Journal of Modeling and Optimization. – 2016. – Vol. 4. № 2. – P. 51–66.

6. Hirotaka N., Yeboon Y., Min Y. Sequential Approximate Multiobjective Optimization Using Computational Intelligence. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. 197 p.

7. Ansari Q., and Jen-Chih Y. Recent Developments in Vector Optimization. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, 2010. – 550 p.

УДК 338.36

# УНИВЕРСАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Жердев С.С.**

*АО «Электроавтоматика», Ставрополь, e-mail: F026@mail.ru*

В статье рассматривается проблема определения термина «высокотехнологичное производство» (хайтек) и оценки уровня технологичности предприятия. В настоящее время отсутствует общепринятая методика отнесения производств к категории высокотехнологичных или наукоемких. В большинстве случаев к высокотехнологичным относят производства с высокой долей затрат на научные исследования и разработки на единицу продукции. Ввиду сложности точной оценки затрат на НИОКР отнесение тех или иных производств к категории «наукоемких» или «высокотехнологичных» является весьма условным. В статье рассматриваются различные методы оценки уровня «наукоемкости» и «технологичности» производства и предлагается метод количественной оценки, основанный на показателе «экономический уровень технологии». Предложение использовать для оценки уровня технологичности производственных систем количественный показатель их качества, доказавший свою дееспособность на практике, должно существенно повысить точность и достоверность оценок в этой сфере.

**Ключевые слова: высокие технологии, наукоемкие технологии, уровень технологии, добавленная стоимость, НИОКР**

# UNIVERSAL EVALUATION OF TECHNOLOGY LEVEL OF ENTERPRISE

**Zherdev S.S.**

*AO «Electroavtomatica», Stavropol, e-mail: F026@mail.ru*

The article considers the problem of definition of the term «high tech» (also known as high technology, high-tech or hi-tech) and evaluation of technological level. In most cases high technology is defined as set of industries which have high research and development intensity or the percentage of sales expended on R&D (for example, OECD's or EUROSTAT's classification). Some authors define high tech through quantity of qualified personnel as a percentage of the workforce. Once an industry is classified as high technology, all companies in such an industry are considered high technology. The article discusses various approaches to definition of the term «high tech» and states that all of them are not doubtless. The article analyses various approaches to evaluation of technology level and suggests using the quantitative index based on productivity of labor and capital (economic level of technology). This index should supply with more unbiased and accurate evaluation of technology level of enterprises.

**Keywords: high technology, knowledge-intensive sectors, technology level, added value, research and development**

Понятие «высокотехнологичное» производство («high-technology» или сокращенно «hi-tech») появилось в начале 1980-х гг. и сразу получило широкое распространение. Сначала этот термин использовался применительно к передовым отраслям промышленности с высокой долей затрат на научные исследования и разработки на единицу продукции. В дальнейшем термин стал использоваться применительно к ряду отраслей, в том числе и нематериального производства.

В настоящее время высокотехнологичные производства, по общему мнению – база развития экономики. При этом оценки уровня технологичности предприятий не только констатируют их технологические возможности, но и формируют отношение к ним со стороны рынка. Особенно, если рынок представляет государство. Кроме того, существует и определенная специфика в управлении «высокотехнологичными» предприятиями.

Понятие «высокотехнологичное» производство в значительной мере пересекается с понятием «наукоемкое» производство. При этом роль, как «высокотехнологичных», так и «наукоемких» видов деятельности в современных технологически передовых странах непрерывно растет.

Эта ситуация придает высокую значимость используемым определениям и оценкам понятия «высокотехнологичное» производство, или «высокотехнологичное» предприятие. Но практике управления развитием таких предприятий стала мешать расплывчатость, а иногда и некорректность используемых терминов и критериев их оценки.

## Исследуемая проблема

Согласно документу, утвержденному Правительством РФ: «...наукоемкие высокотехнологичные отрасли (производства) – отрасли, сферы или виды экономической деятельности, результатом которой является *продукция (товары, работы, услуги) со значительной добавленной стоимостью*, полученной за счет применения достижений науки, технологий и техники, характеризующаяся высокой долей внутренних

затрат на исследования и разработки в стоимостном объеме производства такой продукции» [1, с. 2].

Это определение фактически ставит знак равенства между «высокотехнологичностью» и «наукоемкостью». Формально «наукоемкость» гораздо легче оценить количественно, чем «высокотехнологичность». Обычно наукоемкость оценивают как отношение затрат на НИОКР к общей стоимости продукции. Но в этом вопросе нет единодушного мнения. Научные затраты относят то к добавленной стоимости, то к фондам, то к объему продаж и т.п. Иногда оценивают долю персонала, занятого в науке, в общем количестве работников.

Поэтому, а также ввиду сложности точной оценки затрат на НИОКР, отнесение тех или иных производств к категории «наукоемких» или «высокотехнологичных» является весьма условным. То есть первым шагом на пути создания эффективных средств и методов совершенствования действующих и внедрения новых видов «наукоемких» или «высокотехнологичных» производств должно стать смысловое понимание их особенностей.

В статье ставятся две задачи.

1. Рассмотрение понятий «наукоемкие» и «высокотехнологичные» производства и обоснование наиболее приемлемого варианта для их практического использования.

2. Рассмотрение различных оценок уровня «наукоемкости» и «технологичности» различных производств и обоснование метода количественной оценки «технологичности» любых человеко-машинных производств.

## Методология и результаты

### *Понятия и оценка уровня технологичности производства*

Определение «высокотехнологичных» производств («high-technology» «hi-tech» industry), на сегодняшний день не установилось. Среди практиков и в научных кругах обсуждаются различные варианты понятия «технология» и предлагаются различные статистические методы оценки ее уровня.

Качество технологий предлагается оценивать по составу рабочей силы (оценка человеческого капитала, доля исследователей, инженеров и высококвалифицированных рабочих), объёму НИОКР (доля соответствующих инвестиций к общим объёмам продаж) или экспертных оценок используемой технологии («высокая», передовая, компьютеризованная и т.д.).

Этот подход приводит к неожиданным результатам: например, архитектура, банковская деятельность, страхование жизни, консалтинг, а также геологическая разведка, химическая промышленность, табачная промышленность проходят по этому критерию.

ОЭСР, ЕВРОСТАТ и другие статистические организации определяют высокотехнологичные компании по затратам на НИОКР, выделяя аэрокосмическую промышленность, компьютеры и офисное оборудование, электронику, телекоммуникации, научные инструменты, фармацевтику, химическую промышленность и электронику [2].

Распространен и подход, когда учитывается использование товаров и услуг высокотехнологичных компаний для собственных производственных процессов. Также существует достаточно популярная в США классификация Американской ассоциации предприятий электронной промышленности (American Electronics Association, AEA), которая относит к хайтеку 49 секторов, связанных с электронной промышленностью [3]. Эта классификация исключает биотехнологию, многие инженерные и исследовательские услуги, что является весьма спорным.

По мнению ряда ученых к категории высокотехнологичных относятся производства с уровнем наукоемкости не менее 3,5%. При этом наукоемкость характеризует доля затрат на науку. Если затраты на науку менее 2,5% от затрат на производство, то наукоемкость производства предлагается относить к среднему уровню, менее 0,5% – низкого уровня [4].

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) предлагает классификацию уровней «технологичности» также на оценке «наукоемкости». Производства с более 17,0% затрат на научные исследования предлагается считать «высокотехнологичными». Производства с затратами на научные исследования от 5,5% до 17,0% предлагается считать «средними технологиями высокого уровня». Если затраты на научные исследования от 2,3 до 5,5% от затрат на производство, то технологии этого производства предлагается отнести к «средним технологиям низкого уровня». Если же затраты на научные исследования менее 2,3% всех затрат на производство, то такое производство предлагается отнести к «низкотехнологичному» [2].

Как представляется, критерий достаточно спорный. Действительно, очевидно, что даже самые большие затраты на технологическое совершенствование могут вообще не давать результата и наоборот. Даже минимальный процент затрат на технологическое совершенствование в масштабном производстве может сформировать значительные исследовательские фонды и дать выдающийся результат.

В целом можно констатировать. Как определения «высокотехнологичных» производств, так и количественные оценки «технологичности» и «наукоемкости» чрезмерно расплывчаты и исходят из признаков, часто сопутствующих высокотехнологичным предприятиям (состав рабочей силы, объём НИОКР и т.п.), но не отражающим конечный экономический результат.

*Классификации высокотехнологичных отраслей и видов деятельности*

Среди зарубежных статистических классификаций высокотехнологичных отраслей наиболее авторитетными являются:

1) классификация ООН (Стандартная международная торговая классификация – Standard International Trade Classification – SITS;

2) классификация Национального научного фонда США (National Science Foundation).

В российской статистике [5] к высокотехнологичным видам деятельности относят:

- производство фармацевтической продукции,
- производство офисного оборудования и вычислительной техники,
- производство электронных компонентов, аппаратуры для радио, телевидения и связи,
- производство медицинских изделий; средств измерений, контроля, управления и испытаний; оптических приборов, фото- и кинооборудования; часов,
- производство летательных аппаратов, включая космические.

К среднетехнологичным видам деятельности относят:

- химическое производство, исключая производство фармацевтической продукции,
- производство машин и оборудования,
- производство электрических машин и электрооборудования,
- производство автомобилей, прицепов и полуприцепов,
- строительство и ремонт судов,
- производство железнодорожного подвижного состава (локомотивов, трамвайных моторных вагонов и прочего подвижного состава); производство мотоциклов и велосипедов; производство прочих транспортных средств и оборудования, не включенных в другие группировки.

Анализ приведенных классификаций позволяет констатировать, что эти классификации частично дублируют друг друга и мало отличаются на смысловом уровне (таблица). Вместе с тем попадание предприятия в перечень высокотехнологичных отраслей меняет его статус, как в глазах потребителя, так и отношение к нему со стороны банковского сектора и государства.

При этом метод составления перечня, так же как и в предыдущих ситуациях, в основном – экспертные оценки. То есть допускающий высокую субъективность и высокую погрешность.

Например, современны аграрные технологии не входят в классификации высокотехнологичных отраслей. Вместе с тем ряд из них, по энерговооруженности, производительности работника, добавленной стоимости в цене продукции могут конкурировать с большинством предприятий, попавших в классификацию.

То есть напрашивается вывод, что при оценке технологичности желательно использовать четкие и желательно количественные критерии, а также выделять их особенности.

Международные классификации высокотехнологичных отраслей

| Стандартная международная торговая классификация (SITS) | Классификация Национального научного фонда США (NSF) |
|---|---|
| Воздушные и космические аппараты | Авиационная и ракетно-космическая промышленность |
| Электронно-вычислительная и офисная техника | Компьютеры и телекоммуникации |
| Электроника, оборудование для радио, телевидения и связи | Электроника |
| Радиоактивные материалы и другие химические продукты | Ядерные технологии |
| Вооружение | Производство оружия и военной техники |
| Фармацевтические препараты | Биотехнологии |
| Приборы (медицинские, оптические, измерительные) | Оптоэлектроника |
| Неэлектрические машины (ядерные реакторы, газовые турбины и др.) | Разработка новых материалов |
| Электрические машины | Производства, связанные с компьютеризацией |
| | Науки о жизни |

*Критерии оценки и особенности высокотехнологичных производств*

Помимо количественного значения «наукоемкости», в качестве оценки «высоких технологий» используют различные другие критерии.

Так, В. Шанклин и Дж. Райанс определяют три критерия высокотехнологичной компании:

1. Производство основано на серьезных научно-технических разработках.

2. Новые технологии быстро вытесняют существующие.

3. Появление новых технологий создает новые или сильно изменяет старые рынки и спрос [6].

По мнению А.А. Лаптева, высокотехнологичные компании должны соответствовать следующим критериям:

«1. Залогом достижения успеха высокотехнологичной компании является не только ее способность предложить на рынке принципиально новые товары и услуги, но и гармонизация ее коммерческих целей со стратегическими интересами государства в области формирования промышленной и торговой политик, ориентированных не только на устойчивое, но еще и прогрессирующее развитие мировой экономики.

2. Уровень наукоемкости используемых компаний в своем производстве технологий составляет не менее 3,5%.

3. Используемая компанией в своем производстве «ключевая» технология входит в действующий на момент выведения на рынок ее товаров или услуг национальный Перечень критических технологий» [4, с. 41].

Ряд авторов выделяет особенности «высоких» технологий. Например, утверждается, что их особенностью является одновременное влияние на них как научной деятельности, так и рынка. Новые технологии появляются как под давлением рынка (market-driven), так и собственно в результате научно-технических исследований (innovation-driven).

Рыночные высокотехнологичные компании организуют научно-технические исследования для решения конкретных задач, востребованных рынком, в то время как для «исследовательских» компаний первостепенными являются сами исследования, и только после появления результатов компания начинает решать задачу их коммерциализации. Часто результаты исследований, производимых для одной отрасли, находят свое применение в других. Считается, что это особенно характерно для военных и космических технологий, результаты которых часто используются на потребительском рынке.

Характерной особенностью наукоемких «высоких» технологий является ускоренный цикл их развития, быстрое устаревание продуктов на рынке. В то же время наукоемкие отрасли в целом могут относиться к разным стадиям жизненного цикла. Выделяют пять групп отраслей:

1) растущие отрасли,

2) отрасли, нацеленные на расширение рынка,

3) отрасли, работающие на насыщенных рынках,

4) отрасли со снижающимися объемами,

5) отрасли, работающие на волатильных рынках, подверженных влиянию быстроизменяющихся факторов.

В ряде исследований утверждается, что наукоемкость производств зависит не только от спроса и достижений научно-исследовательской сферы, но и от общего уровня развития технологической среды и наличия квалифицированных кадров. Обычно высокотехнологичные производства отличаются более высокой добавленной стоимостью и оплатой труда, причем доля оплаты служащих превышает долю производственных рабочих. При этом инновационные производства характеризуются высокой квалификацией не только инженерного состава, но и рабочих.

Обычно выделяют восемь технологических типов наукоемких производств:

1. Трудоемкие производства с высокой квалификацией работников и качественными производственными фондами. Они характеризуются большой долей сборочных и наладочных работ. Например, производство компьютеров, медицинского оборудования и т.п.

2. Трудоемкие, нефондоемкие производства с высокой квалификацией работников. Например, производство интеллектуальной продукции.

3. Фондоемкие автоматизированные производства с высокой квалификацией работников. Например, производство микросхем.

4. Фондоемкие неавтоматизированные производства с высокой квалификацией работников. Например, производство авиационных двигателей.

5. Трудоемкие нефондоемкие производства, не требующие высокой квалификации работников и сложных производственных фондов. Например, производство радиоэлектронной бытовой аппаратуры.

6. Фондоемкие производства, не требующие высокой квалификации работников, но с качественными производственными фондами. Например, заготовительные производства для автомобильной промышленности.

7. Фондоемкие производства, не требующие высокой квалификации работников и качественных производственных фондов. Например, производство электродвигателей.

8. Прочие производства, не требующие качественных производственных фондов.

В. Шанклин и Дж. Райанс утверждают, что разделение производств на различные технологические типы позволяет более эффективно осуществлять стратегическое развитие производства.

Они выделяют следующие организационные типы высокотехнологичных компаний:

1. Самостоятельные компании, не являющиеся частью крупной корпорации.

2. Подразделения крупных корпораций, занимающихся не высокотехнологичным бизнесом. Обычно такие подразделения образуются как результат венчурных инвестиций в технологичный стартап или поглощения такого подразделения. Например, корпорация Goodyear создала подразделение, занимающееся разработками в области авиации, которое потом превратилось в компанию Goodyear Aircraft.

3. Крупные корпорации, занимающиеся преимущественно высокотехнологичным производством и имеющие несколько высокотехнологичных подразделений.

4. Консорциумы, создаваемые конкурентными компаниями для развития высокотехнологичных направлений. Примерами таких консорциумов являются компании Airbus, созданные европейскими авиационными производителями для конкуренции с американскими компаниями. Или Microelectronics Computer Research Corporation, созданная американскими компаниями для противостояния с японским информационным бизнесом [6].

Особенностью высокотехнологичных компаний является высокий уровень капитализации (Price to Earning Ratio), связанный с их быстрым ростом. Речь идет об отношении рыночной стоимости (капитализации компании) к стоимости используемых в ней денежных фондов, или показатель P/E. Для ряда фармацевтических, биотехнологических, компьютерных компаний P/E достигает трехзначных значений. Капитализация компании Google, зарегистрированной в 1998 г., к 2014 г. составила 400 млрд долларов.

Согласно исследованиям компании, Storey and Westhead выживаемость высокотехнологичных компаний значительно превосходит выживаемость обычных компаний [7].

Отдельного рассмотрения заслуживает отнесение к высокотехнологичным производствам предприятий оборонно-производственного комплекса, производящим продукцию военного назначения. Согласно зарубежным статистическим классификаторам военные производства однозначно относятся к высокотехнологичным отраслям.

В российской статистике предприятия ОПК не выделяются отдельно. Связано это прежде всего с тем, что в общероссийском классификаторе видов экономической деятельности, в настоящее время строго копирующем аналогичный международный классификатор, отсутствует такой вид деятельности. Военные производства распределены между такими отраслями как:

1) авиационная промышленность,
2) ракетно-космическая промышленность,
3) производство оружия и боеприпасов,
4) производство взрывчатых веществ,
5) химическая промышленность,
6) радиоэлектронная промышленность,
7) судостроительная промышленность,
8) атомная промышленность и др.

В то же время уровень наукоемкости и особенности военных технологий безусловно позволяют отнести большую их часть к категории высокотехнологичных [8].

Рассмотрение вышеприведенных критериев и особенностей высокотехнологичных производств с позиции менеджмента реального высокотехнологичного предприятия заставляет констатировать, что при всем их многообразии для практического использования не хватает достаточно простого, но универсального счетного критерия.

### *Альтернативный вариант оценки технологичности*

Как представляется в ряде работ российских исследователей, обоснован показатель, который может быть использован для универсальной количественной оценки уровня, или качества используемых технологий [9–11]. Показатель получил название «экономический уровень технологии», или сокращенно ЭУТ.

Способность ЭУТ оценивать качество предприятий была подтверждена эмпирически [10], как на уровне предприятия, так и более крупных систем. На смысловом уровне рост значения ЭУТ отражает процесса развития человеко-машинной системы.

ЭУТ рассчитывается по следующему выражению:

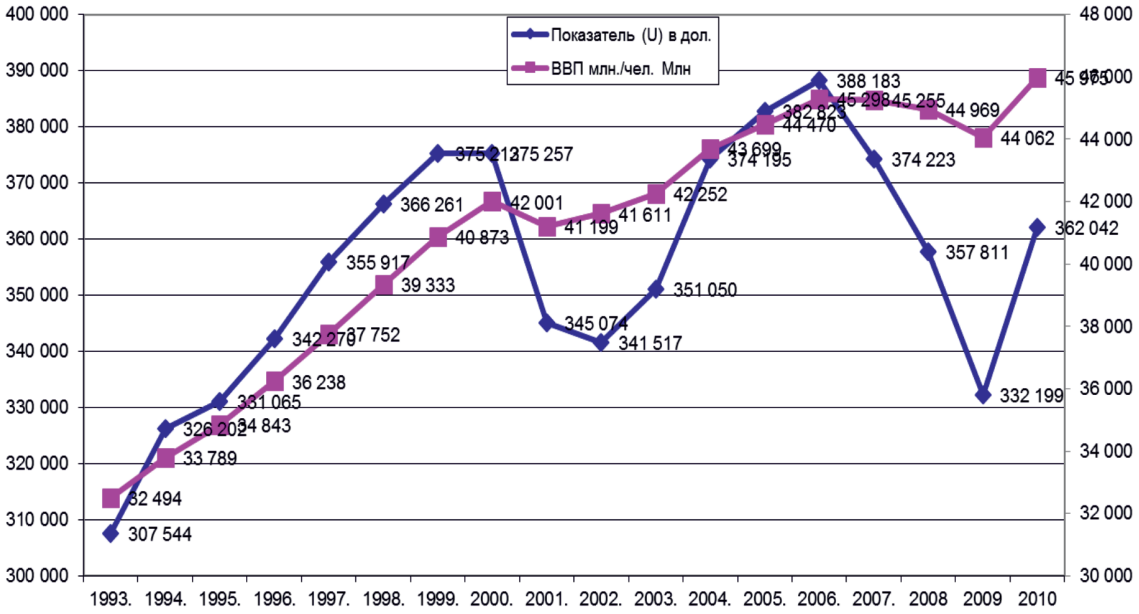
$$U = \frac{Q}{n} \cdot \frac{Q}{A},$$

где $U$ – экономический уровень технологии (ЭУТ),

$Q$ – добавленная стоимость, созданная в течение года, руб/год,

$n$ – количество работников, среднее за год, чел/год,

$A$ – амортизационные отчисления за год, руб/год.




*Связь экономических кризисов США с изменением качества ее экономики, оцененного по показателю ЭУТ*

Первый сомножитель в выражении для расчета ЭУТ – это производительность труда по добавленной стоимости, созданной одним работника в год. Размерность: руб/чел. год. Чем выше производительность, тем выше, при прочих равных, качество труда человека. Главное из прочих условий – это затраты капитала, которые позволили работнику реализовать его производительность.

Второй сомножитель – это оценка соотношения созданной человеком за год и истраченной им же в тот же период добавленной стоимости. Размерность – руб/чел. год. По смыслу – это производительность использованного капитала.

Таким образом, ЭУТ – это произведение размера годовой производительности человека, (или суммы единиц добавленной стоимости, созданной работником за год), на оценку общественного качества использованного в технологии оборудования.

Показатель ЭУТ одинаково рассчитывается для отдельных предприятий, корпораций, отраслей и экономики в целом. Его самое низкое значение – единица. Это означает, что для создания предприятием некоего значения $Q$ – добавленной стоимости, истрачено такое же количество добавленной стоимости $A$, но созданной обществом. Это экономически недопустимое значение.

Ориентация на значение ЭУТ при выборе вариантов развития позволяет обеспечить динамическую оптимизацию развития. То есть «выбирать такой вариант модернизации или полного обновления процесса производства, при котором каждый очередной шаг развития создает максимально благоприятные условия для последующего за ним непредсказуемого развития».

По своему экономическому смыслу, универсальности и однозначности количественной оценки качества производственных систем ЭУТ, как представляется, превосходит все выше рассмотренные характеристики значений технологичности и «наукоемкости».

В результате показатель «экономический уровень технологий» дает строгую количественную оценку совместного результата деятельности человека и капитала на данном предприятии.

Вместе с тем, пожалуй, главное, что свидетельствует о корректности показателя, не его теоретическое обоснование, а то, что он прошел проверку на практике.

По смыслу экономических кризисов, их сущность – это снижение производительных возможностей, или потеря качества экономической системы. Но качество таких больших систем, как экономика, не может падать мгновенно. Сначала должен быть период постепенного снижения качества экономики, и только затем возникнут кризисные явления.

Гипотеза оценки качества больших производственных систем с использованием ЭУТ была проверена на опыте США (см. рисунок). Оказалось, что в подавляющем большинстве случаев, кризисы (падение значения ВВП на человека) наступали на следующий год после прекращения роста или снижения значения ЭУТ страны. И так было на всем доступном диапазоне статистических данных, т.е. с 1946 г.

Точно также показатель предсказал все спады производства концерна «Фольксваген».

## Обсуждение результатов

На сегодняшний день, в научных кругах существует понимание чрезмерного несовершенства как определения «высокотехнологичных» производств («high-technology» «hi-tech» industry), так и способов оценки уровня «технологичности». Как было показано выше, различные авторы предлагают оценивать технологичность то по составу рабочей силы (доле учёных, инженеров и высококвалифицированных рабочих), то по объёму НИОКР (доля затрат на НИОКР в себестоимости), то по экспертным оценкам используемой технологии («высокая», передовая, компьютеризованная и т.д.). В ряде случаев использование предлагаемых методов оценки технологичности приводит к очевидно некорректным результатам. Например, отнесение производств по составу рабочей силы к «high-technology» заставляет считать архитектурные разработки, банковскую деятельность, страхование жизни, консалтинг, табачную промышленность и тому подобную деятельность хайтеком.

Точно так же оценка уровня технологичности производств по доле затрат на НИОКР или единообразным экспертным критериям не позволяет однозначно отделить хайтек от обычных производств.

Предложение использовать количественную универсальную оценку уровня технологичности предприятий переносит критерий из различных, часто вкусовых, оценок в сферу оценок рынка. Причем достоверность и широта возможностей показателя должны оцениваться как значительные.

Обсуждая сферу и возможные погрешности оценки при использовании показателя, следует констатировать, что их качество критически зависит от достоверности данных экономической отчетности. Поэтому некая, даже очень приближенная экспертная оценка результатов ранжирования предприятий по значению их экономического уровня технологии, наверное, должна стать обязательным элементом контроля результатов оценки их качества по значению ЭУТ.

## Заключение

Подводя итог представлений о понятии «высокотехнологичные производства», следует констатировать, что отнесение производств к категории высокотехнологичных или наукоемких является весьма условным. Чаще всего, к таким производствам относят производства с высокой долей затрат на научные исследования и разработки или ориентируются на различные перечни отраслей, которые когда-то кто-то отнес к высокотехнологичным.

Предложение использовать для оценки уровня технологичности различных производственных систем количественный показатель их качества, доказавший свою дееспособность на практике, должно существенно повысить точность и достоверность оценок в этой сфере.

## Список литературы

1. Основные направления политики Российской Федерации в области развития инновационной системы на период до 2010 года (утв. Правительством РФ 5 августа 2005 г. № 2473п-П7). Текст документа официально опубликован не был [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_91912 (дата обращения: 27.04.2017).

2. OECD: Science, Technology and Industry Outlook. – OECD, 2015.

3. AeA's High-Tech Industry Definition [Электронный ресурс]. – URL: http://aeanet.org/Publications/IDMK_definition.asp (дата обращения: 27.04.2017).

4. Лаптев А.А. Понятие «высокотехнологичной компании» в современной микроэкономической теории // Инновации. – 2007. – № 7. – С. 35–41.

5. Методика расчета показателей «доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте» и «доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте субъекта Российской Федерации». Утверждена приказом Росстата от 14.01.2014 № 21 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gks.ru/metod/metodika_21.docx (дата обращения: 27.04.2017).

6. Shanklin W., Ryans J. Organizing for High-Tech Marketing Harvard Business Review. – 1984. – № 11.

7. Гаврилова С.В. Концептуальные основы определения высокотехнологичного сектора экономики и функционирования высокотехнологичных компаний // Экономика, Статистика и Информатика. – 2014. – № 2. – С. 53–57.

8. Кузюшкин В.И. О месте оборонно-промышленного комплекса в национальной экономике // Вестник МГОУ. – 2009. – № 1. – С. 24–27.

9. Юсим В.Н., Колоколов В.А., Денисов И.В. Управление макроэкономическим развитием в условиях несовершенной технологической и институциональной среды // Экономический анализ: теория и практика. – 2010. – № 35. – С. 2–13.

10. Юсим В.Н., Степанова Ю.А., Афанасьева М.В. Технология и Экономика. Экономический уровень технологии – показатель качества социально-экономических систем // Креативная экономика. – 2009. – № 9. – С. 52–58.

11. Юсим В.Н., Свирчевский В.Д. (ред.) Управление промышленным развитием в условиях отсталой технологической среды. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 199 с.

УДК 338.24:339.138

# HR-МАРКЕТИНГ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА СОВРЕМЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Иванов Н.П., Малкина Л.В.**

*ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Ставрополь, e-mail: ivanovstvr@yandex.ru, malkinalv@yandex.ru*

В статье обосновывается необходимость перехода от реактивного управления персоналом в отечественном здравоохранении, пассивно приспосабливаемого к условиям дефицита кадров, диспропорциям в их распределении, к инновационной системе персонал-менеджмента, основанной на маркетинговых принципах управления человеческими ресурсами и нацеленной на активную конкуренцию за высококвалифицированный персонал на рынке труда. HR-маркетинг рассматривается авторами как «маркетинг отношений», направленный на построение внешних и внутренних коммуникаций, обеспечивающих медицинские организации трудовым потенциалом, достаточным для решения сложных задач, стоящих перед современным здравоохранением. Анализ таких коммуникаций позволил авторам выявить основные проблемы, связанные, прежде всего, с организацией взаимодействия с системой высшего медицинского образования, и сформулировать ряд предложений, направленных на повышение их эффективности. В частности, предлагается пересмотреть действующие в настоящее время механизмы подготовки врачебных кадров на основе так называемого, целевого набора не за счет увеличения мест, выделяемых для данной категории абитуриентов, а за счет концептуальных изменений в организации набора и подготовки молодых специалистов.

**Ключевые слова: управление персоналом, HR-маркетинг, рынок труда, коммуникации, медицинское образование, целевой набор**

# HR-MARKETING IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF A MODERN MEDICAL ORGANIZATION

**Ivanov N.P., Malkina L.V.**

*Federal State Educational Establishment «Stavropol State Medical University», Ministry of Health of the Russian Federation, Stavropol, e-mail: ivanovstvr@yandex.ru, malkinalv@yandex.ru*

The article substantiates the necessity of transition from personnel reactive management in the domestic health care system, passively adapted to the conditions of staff shortage, disproportions in their distribution, to the innovative personnel management system based on the marketing principles of human resources management and aimed to active competition for highly skilled personnel in the labor market. HR – marketing is considered by the authors as «relationship marketing», aimed at building external and internal communications that provide medical organizations with the labor potential sufficient for solving complex problems facing modern healthcare. The analysis of such communications allowed the authors to identify the main problems, primarily related to the organization of interaction with the system of higher medical education, and to formulate a number of proposals aimed at increasing their effectiveness. In particular, it is proposed to revise the current mechanisms for training medical personnel based on the so-called target set, not at the expense of increasing the number of seats allocated for this category of entrants, but due to conceptual changes in the organization of recruitment and training of young specialists.

**Keywords: HR-management, HR-marketing, labor market, communication, medical education, target set**

Трансформация социально-экономических отношений в России при становлении «новой экономики» XXI века сопровождается качественными изменениями в содержании трудовой деятельности во всех отраслях национального хозяйства: на фоне снижения значимости физического труда возрастает роль концептуальных знаний и компетенций, происходит переосмысление роли управления персоналом в целом и в частности в отдельных его подсистемах как особо важного фактора повышения конкурентоспособности и стратегического развития организаций. Это предопределило цель исследования – оценить целесообразность и перспективы внедрения инновационных организационно-управленческих технологий, основанных на философии маркетинга, в систему управления человеческими ресурсами современных медицинских организаций.

В основу исследования легли концептуальные и методологические положения, представленные в работах отечественных и зарубежных ученых по проблемам управления персоналом. Критический анализ сложившейся в отечественном здравоохранении практики управления персоналом осуществлялся на примере медицинских организаций региональной системы здравоохранения Ставропольского края. При проведении исследования были использованы общенаучные и специальные, в том числе социологические, методы научного познания.

Обострившаяся конкуренция между медицинскими организациями государственной и частной систем отечественного здравоохранения за высококвалифицированный медицинский персонал, при объективно существующем в стране дефиците кадров, актуализирует проблему оптимизации системы управления персоналом.

В этой связи организаторам здравоохранения предстоит найти ответ на методологически значимый вопрос: продолжить ли использование сложившегося десятилетиями реактивного подхода к управлению персоналом, предполагающего адаптацию системы управления к хронической нехватке человеческих ресурсов в медицинских организациях, и обеспечивать достижение соответствия фактического трудового потенциала требуемому за счет совместительства и интенсификации труда врачей, или расширить функциональную зону персонал-менеджмента, самостоятельно стимулируя предложение труда на факторном рынке за счет более активного взаимодействия с поставщиками трудовых ресурсов.

В процессе развития рыночных отношений в отечественном здравоохранении отмена ранее действующей системы обязательного распределения выпускников медицинских вузов, направленной на гарантированное обеспечение государственных медицинских организаций врачебным персоналом, привела к существенному дефициту и дисбалансу медицинского персонала – между амбулаторно-поликлиническим, стационарным звеньями и службой скорой медицинской помощи, между городскими и сельскими медицинскими организациями, между врачебным и сестринским персоналом, между численностью врачей отдельных специальностей и т.д.

Анализ проблемы обеспечения медицинских организаций персоналом показал, что учетные аспекты персонал-менеджмента преобладают над аналитическими и организационно-управленческими, а усилия кадровых служб медицинских организаций сосредоточены преимущественно на документальном оформлении трудовых отношений и учете вакантных должностей. Специалисты функциональных подразделений лечебных учреждений, не наделенные полномочиями, необходимыми для принятия самостоятельных управленческих решений в области управления персоналом, разделяют их с руководителями линейных подразделений (заместителями главного врача, заведующими отделений, главной и старшими медицинскими сестрами и т.д.).

Традиционно, работы, посвященные маркетингу и менеджменту в здравоохранении, охватывают вопросы повышения качества и доступности медицинской помощи населению на основе оптимизации взаимодействия медицинской организации и её пациентов [1]. Персонал медицинской организации при таком подходе не является субъектом управления, хотя и является одним из ключевых факторов её конкурентоспособности. В то же время в рамках маркетинг-менеджмента предусматривается обязательное проведение анализа трудового потенциала организации, выявляются проблемные зоны и резервы его роста, потенциальные возможности и угрозы для медицинской организации в случае несоответствия фактического потенциала его требуемой величине.

Отвечающий требованиям современности анализ кадрового потенциала, мониторинг рынка труда, прогнозирование потребности в персонале, организация взаимодействия с поставщиками человеческих ресурсов и совершенствование внутриорганизационных коммуникаций, по мнению авторов, должны стать обязательными функциями самостоятельной подсистемы управления персоналом – подсистемы маркетинга персонала (далее, HR (human resources) – маркетинга).

Современное понимание HR-маркетинга значительно отличается от его первоначального значения. Отечественные исследователи (Л.В. Балабанова, Е.В. Сардак) выделяют четыре этапа эволюции HR-маркетинга [2, с. 15–16]:

1) первый этап (70-80-е гг. XX в.) – маркетинг персонала заключается в осуществлении аналитической функции, направленной на удовлетворение потребности организации в кадрах;

2) второй этап (80-90-е гг. XX в.) – маркетинг персонала заключается в удовлетворении потребности организации в высококвалифицированных кадрах и профессиональном обучении персонала;

3) третий этап (конец XX в.) – маркетинг персонала заключается в создании условий для удовлетворения потребностей работников, являющихся «клиентами» работодателя;

4) четвертый этап (начало XXI в.) – HR – маркетинг выполняет интегрированную функцию, объединяющую и согласовывающую удовлетворение потребностей работника и удовлетворение потребностей организации в квалифицированном персонале.

Очевидно, что основанный на маркетинговой философии HR-маркетинг, активно применяемый в крупных организациях материальной сферы производства, не является синонимом маркетинг-менеджмента.

По нашему мнению, для системы здравоохранения маркетинг персонала представляет эффективную организационно-управленческую инновацию. В качестве маркетинговой подсистемы она позволяет выполнять принципиально новые функции, включающие аналитические и организационные компоненты, расширять зоны управленческого воздействия, позволяет осуществить переход от пассивного администрирования (выявления и покрытия потребности организации в человеческих ресурсах) к активному формированию кадровой политики, в рамках которой не только работники медицинской организации и потенциальные кандидаты на трудоустройство, но и профессионально ориентированные абитуриенты медицинских вузов рассматриваются как внешние и внутренние потребители, «клиенты».

Таким образом, HR-маркетинг – это самостоятельная подсистема управления персоналом, в рамках которой осуществляется интегрированная функция по созданию условий для наиболее полного удовлетворения потребностей персонала в процессе достижения организационных целей на основе прогноза потребностей в персонале, анализа конъюнктуры рынка труда и формирования внешних и внутриорганизационных коммуникаций.

Нам представляется, что внедрение HR-маркетинга в систему управления медицинских организаций может стать своеобразным ответом на современные вызовы системе отечественного здравоохранения, такие как неравный доступ к медицинским услугам; старение населения и рост заболеваний, характерных для пожилых людей; сокращение занятых в экономике; рост индустрии здоровья, ее глобализация; развитие биомедицинских и информационных технологий, на основе которых открываются новые рынки продуктов и услуг в сфере здравоохранения.

Как организационно-управленческая инновация, обеспечивающая отрасль соответствующим кадровым потенциалом, он может стать эффективным инструментом для обеспечения ключевых переходов в российском здравоохранении:

– от решения преимущественно задач лечения заболеваний – к предотвращению заболеваний, сохранению здоровья и усилению отдачи от человеческих ресурсов;

– от устаревающих медицинских практик – к индустрии здоровья на основе современных медицинских технологий;

– от здравоохранения как социальной нагрузки на экономику – к конкурентоспособности на глобальном рынке медицинских услуг;

– от низкой вовлеченности населения в охрану и сбережение здоровья – к здоровому образу жизни;

– от распределительной системы финансирования медицинских услуг – к системе, обеспечивающей мотивацию её участников к росту эффективности.

Внедрение HR-маркетинга в практику управления персоналом медицинских организаций предусматривает также активное развитие внешних и внутренних коммуникаций, позволяющих, с одной стороны, учитывать состояние и динамику маркетинговой среды, создавать положительный имидж организации, а с другой, обеспечивать удовлетворение потребностей собственных работников более эффективными, чем у конкурентов, средствами.

К внешним коммуникациям относится взаимодействие медицинских организаций с поставщиками персонала и посредниками на рынке труда: вышестоящими ведомственными организациями, учреждениями высшего и среднего профессионального образования, центрами занятости населения, кадровыми агентствами, поисковыми системами вакансий в сети Интернет, средствами массовой информации.

В этом смысле можно утверждать, что управление персоналом – это «маркетинг отношений», развивающихся как в самой медицинской организации, так и за её пределами. Анализ сложившихся отношений в рамках концепции HR-маркетинга позволил авторам выявить ряд проблем и сформулировать предложения, направленные на повышение кадрового потенциала отрасли.

В связи с тем, что в региональных системах здравоохранения большинства субъектов Российской Федерации существует не только дефицит кадров, но и дисбаланс специалистов как по специальностям внутри медицинских организаций, так и по уровням и этапам оказания медицинской помощи, обеспечение системы здравоохранения высококвалифицированными медицинскими кадрами является одним из основных трендов развития медицинского образования.

Следует отметить, что, хотя планирование количества мест приема на различные уровни образования происходит с учетом потребности отрасли в специалистах, существующая ситуация во многом следствие недостаточно эффективного перспективного планирования кадровых потребностей как на уровне субъекта федерации, так и на уровне медицинских организаций, что негативно отражается в том числе и при планировании целевого набора.

В соответствии с проектом Стратегии развития медицинского и фармацевтическо-

го образования в Российской Федерации целевая подготовка должна осуществляться, прежде всего, для тех медицинских организаций, где имеется реальный дефицит врачей, преимущественно обеспечивая кадрами амбулаторное звено здравоохранения.

В этой связи внедрение HR-маркетинга, обусловленное необходимостью подбора адекватных методов управления персоналом, позволит осуществлять не реактивное (как реакция на дефицит и дисбаланс кадров) управление человеческими ресурсами, а активное, ответственное, включающее в том числе эффективную вузовскую подготовку специалистов, рыночное взаимодействие со всеми заинтересованными субъектами.

В этом плане весьма показательна ситуация в Ставропольском крае, самом крупном субъекте Северо-Кавказского федерального округа. В организациях системы здравоохранения края, насчитывается около одной тысячи вакансий [3]. Ставропольский государственный медицинский университет (СтГМУ) осуществляет целевую подготовку специалистов для нужд Министерства здравоохранения края, которые после завершения обучения и прохождения аккредитации обязаны отработать в организациях министерства определенное количество времени (3, 5 лет). Однако проблема кадрового обеспечения с точки зрения сокращения дефицита персонала и дисбаланса специалистов в данном случае решается лишь гипотетически, так как существующий временной лаг, не менее 6 лет по медицинским специальностям, отделяющий момент поступления абитуриента и выпуска молодого специалиста, статично учитывает уже имеющиеся диспропорции.

К тому же ко времени окончания специалистом ординатуры, циклов профессиональной переподготовки и последующего прохождения процедуры первичной специализированной аккредитации, кроме существующих ныне в здравоохранении «узких», дефицитных специальностей, добавятся новые, основанные на широком применении подходов, базирующихся, в частности, на методах молекулярной и клеточной биологии.

Проведенный в рамках исследования социологический опрос студентов-медиков первого курса показал, что в начале учебы около 89 процентов стремятся работать по окончанию обучения врачами и только половина из них определилась со своей будущей специализацией. Как результат, через 6 лет около 30 процентов выпускников, по данным отечественных исследователей, покидают отрасль [4, с. 128].

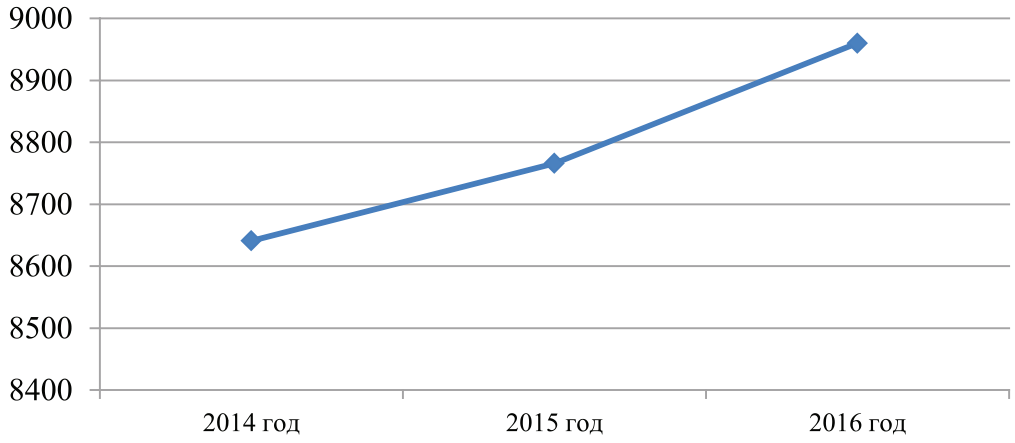
Несмотря на положительную динамику численности врачебного персонала за исследуемый период (рисунок), обеспеченность врачами в крае остается ниже, чем в среднем по России и Северо-Кавказскому федеральному округу. Так, на начало 2016 г. обеспеченность врачами в Ставропольском крае составила 32,0 на 10 тысяч населения, в Российской Федерации – 32,2, в СКФО 37,8 [5, с. 64]. Аналогичная ситуация прослеживается в отношении среднего медицинского персонала.

Кроме того, сложившаяся практика взаимодействия «медицинская организация – министерство здравоохранения – вуз» осуществляется в условиях неопределенности, что не позволяет достоверно прогнозировать качественные характеристики будущих выпускников. Например, анализ итогов вступительных испытаний в СтГМУ – одном из ведущих медицинских вузов Юга России за 2014–2016 гг. показывает, что проходные баллы абитуриентов, поступающих в рамках целевого набора, значительно ниже, чем у абитуриентов, участвующих в общем конкурсе на места, финансируемые из федерального бюджета.

Для сравнения: проходные баллы на специальность «Лечебное дело» и «Педиатрия» в рамках целевого набора для нужд Министерства здравоохранения Ставропольского края составили в 2016 г. 195 и 190 баллов соответственно, в то время как в рамках общего конкурса – 319 и 298 баллов [6].

Трудно рассчитывать, что степень сформированности компетенций «на выходе» у будущих выпускников, имеющих столь различный уровень начальной базовой подготовки на «входе», будет одинакова. Вероятно, в данной ситуации неукоснительное соблюдение требований государственных образовательных стандартов по реализации основных профессиональных образовательных программ послужит гарантией получения только необходимого минимума знаний, умений и навыков при подготовке будущих врачей.

Вузы, несущие ответственность за подготовку специалистов, в том числе и по целевому направлению, работают в данной ситуации с абитуриентами, заранее определенными администрациями медицинских организаций, список которых пофамильно согласованн с ведомствами, выполняющими функции заказчика. С целью обеспечения необходимого минимума базовых знаний у абитуриента «на входе», некоторые вузы ввели собственные профессиональные испытания. Как результат, далеко не все абитуриенты, отобранные медицинскими организациями, проходят профессиональное испытание.




*Динамика численности врачей в Ставропольском крае, чел.*

Данный факт свидетельствует о формальном подходе медицинских организаций к подготовке кандидатов, в том числе об отсутствии материальной заинтересованности и ответственности лиц, осуществляющих поиск и отбор абитуриентов для обучения в рамках целевого набора. Тем не менее многие представители экспертного сообщества, работники практического здравоохранения и медицинского образования предлагают расширить целевой набор студентов в медицинские вузы.

Исходя из изложенного и учитывая приказы Министерства труда и социальной защиты Российской федерации от 21 марта 2017 г. № 293н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач-лечебник (врач-терапевт участковый) и от 27 марта 2017 г. № 306н «Врач-педиатр участковый», которые ориентированы на амбулаторно-поликлиническое звено здравоохранения, представляется целесообразным изменить подходы и к формированию контингента претендентов на целевое обучение в медицинских вузах.

По нашему мнению, кадровые проблемы в системе здравоохранения необходимо решать, прежде всего, через расширение механизмов привлечения в организации высшего медицинского образования профессионально ориентированных и мотивированных, хорошо подготовленных абитуриентов через создание эффективной региональной кластерной системы профориентационной работы.

Координатором создания и функционирования такой системы несомненно должны стать медицинские вузы, участниками кластера – общеобразовательные школы и гимназии, в которых необходимо создавать биомедицинские классы, медицинские колледжи, малые медицинские академии и подготовительные курсы при вузах, органы управления региональным здравоохранением, медицинские организации, смежные научные и промышленные производства.

Внедрение в такой системе HR-маркетинга в целях формирования ранней профессиональной траектории обучающихся, начиная с первых классов общего образования, позволит системно оценивать их компетентность и психологический профиль, своевременно выявлять их способности, помогать формировать им персональные образовательные траектории, на основании комплексных персональных портфолио определять их будущую специализацию при поступлении на обучение в медицинский вуз, обеспечит объективность при формировании контингента претендентов на целевой набор.

В этом случае в рамках развития маркетинга отношений вполне обосновано осуществление курации обучающихся со стороны направляющих на обучение медицинских организаций на протяжении всего периода обучения, а также ежегодного мониторинга заказчиком – Министерством здравоохранения соответствующего региона и другими ведомствами, заинтересованными в подготовке высококвалифицированных медицинских кадров.

В настоящее время подготовку специалистов с высшим медицинским и фармацевтическим образованием осуществляют 46 государственных образовательных организаций высшего образования Министерства здравоохранения Российской Федерации, 36 государственных образовательных организаций высшего образования Министерства образования и науки Российской Федерации, 9 образовательных организаций иных

ведомств и форм собственности. Подготовку специалистов по программам подготовки кадров высшей квалификации в ординатуре и аспирантуре, дополнительное профессиональное образование осуществляют образовательные организации дополнительного профессионального образования различной ведомственной принадлежности и научные организации. Общий выпуск врачей и фармацевтов по программам специалитета составляет более 35 000 специалистов в год. Тем не менее стойкое негативное отношение российского общества к состоянию системы здравоохранения, квалификации медицинского персонала сохраняется.

Анализ механизмов прямого взаимодействия медицинских организаций с образовательными учреждениями показал, что широкое применение получило участие представителей работодателей в процедуре «распределения» выпускников вузов, не носящего в настоящее время принудительный характер, и проведение «ярмарок вакансий», целевой аудиторией которых являются непосредственно выпускники.

Данные коммуникации имеют очевидное преимущество: происходит прямое взаимодействие спроса и предложения на факторном рынке труда («медицинская организация – претендент на вакантную врачебную должность»). И работодатель, и выпускник, рассматривая и сравнивая различные альтернативы, на основе заранее определенных критериев отбора, получают возможность поиска и выбора оптимального решения. Однако дальнейшее расширение целевого набора абитуриентов может превратить проведение «ярмарок вакансий» в формальную процедуру.

В условиях кадрового дефицита медицинские организации развивают коммуникативные связи с центрами занятости населения, агентствами по трудоустройству, в том числе с использованием интернет-пространства. Так в службе занятости населения Министерства труда и социальной защиты Ставропольского края в настоящее время официально зарегистрировано 1782 вакансии по врачебным должностям, 1126 вакансий среднего медицинского персонала и 239 – младшего медицинского персонала. В картотеке приведена краткая информация: наименование потенциального работодателя, уровень оплаты труда (его цена) и требования к потенциальному покупателю – медицинскому персоналу. Аналогично осуществляется взаимодействие с многочисленными кадровыми агентствами и интернет-сайтами.

Анализ ставропольского рынка труда медицинского персонала, проведенный в рамках исследования, показал, что:

1) спрос на рынке труда предъявляется преимущественно со стороны медицинских организаций государственной системы здравоохранения;

2) в условиях дефицита кадров руководство медицинских организаций государственной системы здравоохранения не формулирует никаких иных требований к кандидатам на вакантные должности, кроме наличия образования и сертификата специалиста;

3) стартовая цена труда в государственном сегменте – от 10 тыс. руб.;

4) частные клиники набирают штаты, руководствуясь личными связями, объявления о поисках кандидатов на вакантную должность в службе занятости отсутствуют, в интернет-пространстве – носят единичный характер;

5) уровень стартовой цены в частном секторе значительно выше, чем в государственном;

6) организация в целях повышения эффективности коммуникативного процесса не только формулирует дополнительные требования к кандидату, но и предоставляет информацию о себе, создавая при этом положительный имидж.

Например, по запросу «работа акушером-гинекологом в Ставропольском крае» на различных сайтах предлагается более 20 вакансий, из них только одна – вакансия в частной медицинской организации, являющейся профильной гинекологической клиникой в городе-курорте Пятигорске Ставропольского края. Предлагаемая соискателю оплата труда – 70 тыс. руб.

Требования к кандидату:

– отношение к медицине как любимому делу, желание и готовность совершенствоваться, обучаемость;

– наличие действующих сертификатов по специальностям акушерство и гинекология;

– коммуникабельность, умение подружиться с пациентками, грамотно и доступно объяснить пациентке назначенную (по показаниям) медицинскую услугу;

– пунктуальность, ответственность, внимательность, аккуратность;

– нацеленность на результат;

– знание ПК на уровне пользователя».

В данном случае потенциальный работодатель настроен на создание так называемых клиентских отношений на рынке труда, основной целью которых становится создание таких условий, когда медицинская организация самостоятельно в состоянии обеспечить себя персоналом, полностью соответствующим специфике её деятельности, создавая одновременно условия для потенциального клиента – медицинского

работника как профессионала в интересах организации.

Таким образом, авторы разделяют точку зрения тех отечественных ученых, которые отмечают, что «грамотный отбор и подбор сотрудников на должность является первоочередным элементом в построении эффективной системы управления, поскольку именно от степени квалификации, инициативности и прочих профессиональных и личностных качеств принятого работника будет зависеть достижение поставленных целей организации», а основополагающим резервом развития современной организации определяют как существующий персонал, так и потенциальных работников [7, с. 110].

По сути, размещение информации о себе и детализация требований к кандидату со стороны потенциального работодателя являются первым шагом к построению внутриорганизационных связей. У персонала формируется позитивное восприятие медицинской организации, стремящейся создать положительный имидж и закрепить человеческие ресурсы.

Анализ опыта внедрения и развития HR-маркетинга в других отраслях национальной экономики показал, что формированию эффективных внутриорганизационных коммуникаций способствуют: объективная оценка персонала, привлечение персонала к обсуждению текущих проблем организации и разработке предложений по повышению эффективности её деятельности, консультирование сотрудников по персональным проблемам и т.д.

Предлагаемое широкое, системное и целенаправленное использование HR-маркетинга в системе менеджмента современной медицинской организации, ответственный отбор кандидатов на обучение по целевому набору, в том числе и в ординатуру, эффективная курация и системный мониторинг успеваемости обучающихся, их персональных достижений в совокупности способны за счет синергетического эффекта преодолеть неэффективность существующих в настоящее время коммуникаций, обеспечить приток в системы практического здравоохранения и медицинской науки страны компетентных, талантливых и креативных молодых специалистов.

*Исследование выполнено в рамках НИР кафедры экономики и социальной работы ФГБОУ ВО СтГМУ Минздрава РФ «Основные направления повышения эффективности деятельности медицинских организаций региональной системы здравоохранения» (№ АААА-А17-17013010059-4).*

**Список литературы**

1. Иванов Н.П. Маркетинг-менеджмент как инновационная система управления в медицинских учреждениях / Н.П. Иванов, Л.В. Малкина, О.А. Воропинова [Электронный ресурс] // Управление экономическими системами. – 2015. – 30 ноября. – № 83. URL: http://uecs.ru/uecs-84-842015/item/3894-2016-01-18-06-07-46 (дата обращения: 19.07.2017).

2. Балабанова Л.В., Сардак Е.В. Концептуальные основы управления персонал-маркетингом предприятия / Л.В. Балабанова, Е.В. Сардак // Economic and law human resources management issues BARBADOS. – 2016. – С. 15–29.

3. Сведения о вакантных должностях в медицинских организациях, подведомственных Министерству здравоохранения Ставропольского края: официальный сайт Министерства здравоохранения Ставропольского края. – 2017 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mz26.ru/opendata/2633005994-vacancy.html (дата обращения: 17.07.2017).

4. Титова Е.Я. Кадровая политика в здравоохранении: риски и пути решения / Е.Я. Титова // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 1. – С. 125–131.

5. Основные приоритеты развития здравоохранения в Российской Федерации. Государственная программа Российской Федерации «Развитие здравоохранения»: метод. пособие / сост.: В.И. Кошель, В.Н. Мажаров, В.О. Францева, Е.В. Дмитриева. – Ставрополь: Изд-во СтГМУ. – 2017. – 66 с.

6. Приказы о зачислении: официальный сайт ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет». – 2017 [Электронный ресурс]. – URL: http://stgmu.ru/?s=abiturient&id=199&page=10001442 (дата обращения: 19.07.2017).

7. Димитриева С.Д. HR-маркетинг как составляющая системы управления персоналом / С.Д. Дмитриева // Инновационная наука. – 2016. – № 2–1. – С. 109–112.

УДК 332.14

# ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) ПРИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ВАЛОВОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА

**Иванова А.Е., Павлов Н.В., Петрова Т.Н.**

*ФГБУН Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения РАН, Якутск, e-mail: pavlov_nv@iptpn.ysn.ru*

В статье приведен анализ энергоемкости ВРП Республики Саха (Якутия) с 2008 по 2015 гг. и выполнен прогноз энергоемкости ВРП на период до 2035 г. Выделены факторы, повлиявшие на увеличение энергоемкости в рассматриваемый период. Рассмотрено сравнение предложенного в статье сценария с вариантом, предусмотренным Энергетической стратегией Республики Саха (Якутия) на период до 2030 г. Скорректированный вариант сформирован с учетом происходящих изменений внешних и внутренних условий, вызванных текущими неблагоприятными ситуациями, вызвавших замедление темпов освоения по срокам реализации намечаемых в республике масштабных инвестиционных проектов. Энергоемкость ВРП в 2035 г. относительно 2008 г. снизится на 27%, валовый региональный продукт возрастет к 2035 г. (в ценах 2008 г.) в 2,3 раза. При этом общее потребление топливно-энергетических ресурсов увеличится в 1,8 раза.

**Ключевые слова: энергопотребление, валовый региональный продукт, темп роста энергопотребления, эластичность энергопотребления, энергоемкость ВРП**

# ENERGY INTENSITY OF THE SAKHA REPUBLIC ECONOMY WITH STRUCTURAL CHANGES IN THE GROSS REGIONAL PRODUCT

**Ivanova A.E., Pavlov N.V., Petrova T.N.**

*Larionov Institute of Physical and Technical Problems of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: pavlov_nv@itptpn.ysn.ru*

The article presents a retrospective analysis of the energy intensity of the GRP of the Sakha Republic for the period from 2008 to 2015 and a forecast of GRP energy intensity for the period up to 2035 is made. Using the approach, the factors that influenced the increase in energy intensity during the period under review are singled out. The comparison of the scenario proposed in the article with the option envisaged by the Energy Strategy of the Sakha Republic (Yakutia) for the period up to 2030 is considered. The adjusted version was formed taking into account the ongoing changes in external and internal conditions caused by current unfavorable situations, which caused a slowdown in the development rate of the large-scale investment projects planned in the republic. The energy intensity of GRP in 2035 relative to 2008 will decrease by 27%, the gross regional product will increase by 2035 (in 2008 prices) by 2.3 times. At the same time, the total consumption of fuel and energy resources will increase by 1,8 times.

**Keywords: energy consumption, gross regional product, growth rate of energy consumption, elasticity of energy consumption, energy intensity of GRP**

В Энергетической стратегии РФ на период до 2030 г. [1] указывается, что центральной задачей энергетической политики России является повышение энергоэффективности потребления энергоресурсов и, как следствие, снижение удельной энергоемкости экономики. В настоящее время уровень энергоемкости республики находится на уровне ниже среднего значения по России, что объясняется отсутствием энергоемких потребителей, крупного промышленного производства на территории республики.

Целью данной статьи является анализ энергоемкости ВРП Республики Саха (Якутия) с 2008 по 2015 гг. в условиях структурных изменений ВРП и расчет прогнозного варианта энергоемкости ВРП Республики Саха (Якутия) в сравнении со стратегическим вариантом, предложенным в Энергетической стратегии Республики Саха (Якутия) на период до 2030 г.

В 2008–2015 гг. экономика республики характеризовалась стабильными темпами развития. Среднегодовой темп роста составил 3,5%. За рассматриваемый период ВРП в сопоставимых ценах 2008 г. возрос в 1,16 раз, в текущих ценах почти в 2,4 раза. Рост вклада в ВРП в структуре производства ВРП по сравнению с 2008 г. наблюдается по промышленности, транспорту и сфере услуг. При этом наибольшая доля внесена от деятельности добычи полезных ископаемых, объем которой в сопоставимых ценах 2008 г. вырос на 34%, по транспорту – на 38%, по сфере услуг – 14%. На рис. 1 приведена структура экономики республики.

В рассматриваемый период темпы ВРП и энергопотребления менялись неоднородно. В 2009 г. ВРП на фоне последствий финансового кризиса произошло снижение на 2,4%, при этом темп потребления энер-

горесурсов снижался на 34%. На рис. 2 приведена структура энергопотребления. Происходит существенное увеличение энергопотребления населением. Этому способствовали следующие факторы: увеличение объемов жилищного фонда, относительное улучшение качества жизни населения (рост обеспеченности жильем, автомобилями, рост индивидуального жилищного строительства и др.).

На рис. 3 представлена динамика энергоемкости по конечному потреблению энергоресурсов в секторах производства товаров и услуг. Рост энергоемкости наблюдается по следующим видам деятельности: строительству, транспорту и связи. По промышленному производству, сельскому хозяйству, платным услугам наблюдается снижение энергоемкости. Снижению энергоемкости промышленного производства способствовал рост продукции добывающей промышленности при незначительном изменении потребления энергоресурсов.

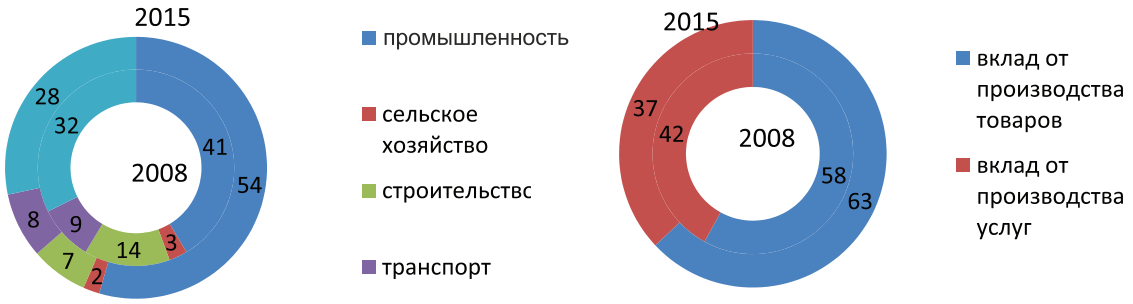



*Рис. 1. Структура ВРП Республики Саха (Якутия)*

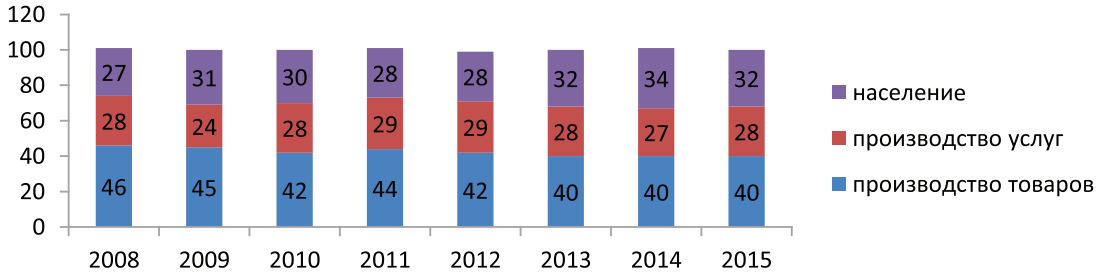



*Рис. 2. Структура конечного энергопотребления*

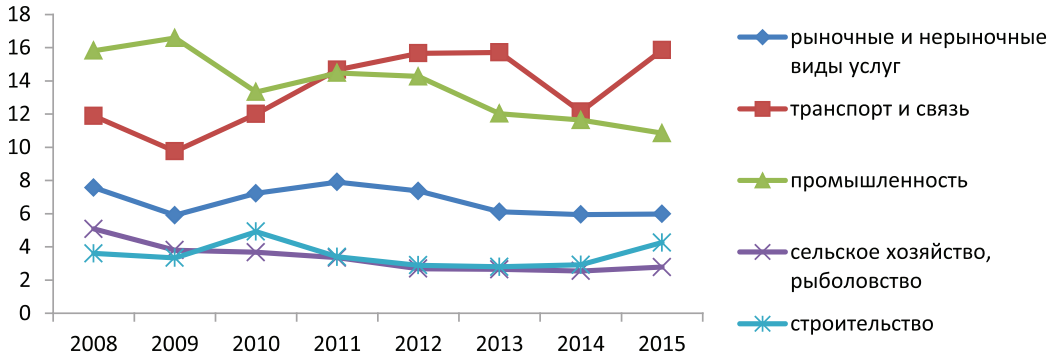



*Рис. 3. Энергоемкость по экономическим видам деятельности.*
*Примечание. *Энергоемкость промышленности представлена без учета по виду деятельности «производство, распределение электроэнергии, газа и воды»*

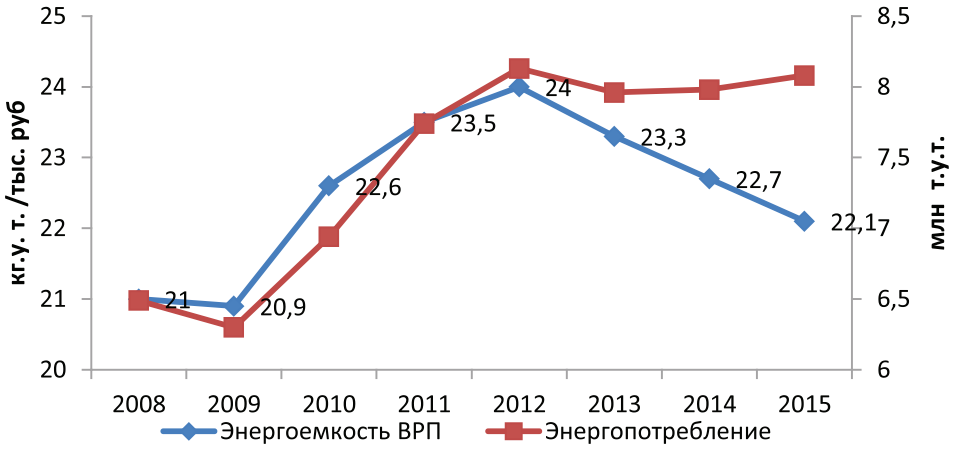



*Рис. 4. Динамика энергоемкости ВРП и энергопотребления в 2008–2015 гг.*

Вышеприведенные данные показывают, что сдвиги в структуре производства ВРП и энергопотреблении в целом относительно способствовали росту энергоемкости ВРП: увеличение доли товаров и услуг, производимых в отраслях энергетического комплекса (сектора, отличающегося наиболее высоким абсолютным уровнем энергоемкости в расчете на добавленную стоимость), рост доли производства товаров, увеличение потребления населением энергоресурсов, а именно нефтепродуктов (рост в 2,5 раза), природного газа (рост 40 %), электроэнергии (26 %). При этом можно привести следующие основные факторы, повлиявшие на увеличение энергоемкости ВРП:

● Темп роста энергопотребления за период с 2010–2012 гг. опережал темп роста ВРП. За данный период энергоемкость по сравнению с 2008 г. выросла на 14,3 %. С 2013–2015 гг. темп роста ВРП опережал темп роста энергопотребления, что привело к постепенному снижению энергоемкости ВРП. К концу периода энергоемкость по сравнению с 2012 г. снизилась на 8 %, а по сравнению с 2008 г. увеличилась на 5,2 % (рис. 4).

● Увеличение энергоемкости транспорта и связи, связанное с деятельностью межрегионального трубопроводного (нефтепроводного) транспорта на территории республики. При увеличении вклада в ВРП на 38 % потребление энергоресурсов в данном секторе выросло на 83 %.

● Структурные сдвиги в сторону развития добывающих отраслей производства, а именно, алмазо-, золотодобывающей промышленности, инвестиционная активность отраслей топливно-энергетического комплекса (по освоению углеводородных ресурсов, развитие угольной промышленности, электросетевой генерации и т.д.) [2–6], способствовали росту потребления энергоресурсов. Так, потребление нефтяного попутного газа отраслями промышленности увеличилось в 8,6 раза, природного газа – в 6 раз.

● Наблюдающаяся в последние годы урбанизация – рост городского населения, увеличивающаяся вследствие миграции населения из сельской местности, относительный рост численности населения и трудоспособного населения. Рост численности городского населения по сравнению с 2008 г. увеличился на 1,7 % (более 10 тыс. чел.), общая численность населения выросла на 1,6 тыс. чел., при этом численность сельских жителей снизилась на 8,9 тыс. чел.

Прогноз энергоемкости ВРП связан с темпом роста энергопотребления и валового регионального продукта, которые в свою очередь тесно связаны с реализацией новых инвестиционных проектов в республике. Для прогноза энергоемкости ВРП рассматриваются два варианта: первый базовый вариант основывается на *инновационном* сценарии экономики республики, заданном в Энергетической Стратегии Республики Саха (Якутия) на период до 2030 г. (ЭСРС-2030) [7]. Второй вариант – *скорректированный,* сформирован на базе темпов роста фактических данных, скорректированных в дальнейшем с учетом текущего состояния экономики в целях формирования обоснованных и реалистичных подходов к перспективному развитию ТЭК для сравнения с инновационно-стратегическим сценарием. Скорректированный сценарий предусматривает развитие ТЭК на период до 2035 г.

Темпы роста ВРП и энергопотребления

| Показатели | 2008 | 2009 | 2010 | 2015* | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ВРП: | | | | | | | | |
| по ЭСРС-2030 | | 5,0 | 5,0 | 5,2 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | |
| скорректированный | | –2,4 | 1,6 | 3,6 | 4,6 | 3,2 | 3,1 | 3,0 |
| Энергопотребление: | | | | | | | | |
| по ЭСРС-2030 | | 12,2 | 5,9 | 8,8 | 8,9 | 2,1 | 1,9 | |
| скорректированный | | –2,9 | 10,1 | 3,2 | 3,6 | 2,1 | 1,1 | 0,5 |

Примечание. *С 2016–2035 гг. – средние темпы роста по периодам.

По ЭСРС-2030 в инновационно-стратегическом сценарии развития экономики республики предусматривается наличие благоприятных внутренних и внешних условий для широкого освоения проектов, формирование на территории республики инновационной системы, реализация проектов в высокотехнологичных отраслях, включая глубокую переработку сырья и т.д. Среднегодовой темп роста ВРП был предусмотрен на уровне 106%.

Скорректированный вариант сформирован с учетом происходящих изменений внешних и внутренних условий, вызванных текущими неблагоприятными финансово-экономическими ситуациями мировой экономики, вследствие чего наблюдается отставание по срокам реализации или отложение на неопределенный срок намечаемых проектов. Данный сценарий предусматривает замедление темпов освоения по срокам реализации намечаемых инвестиционных проектов, а также исключает реализацию энергоемких проектов на горизонт рассматриваемого периода. С учетом прогнозируемого хода реализации проектов и конъюнктуры рынка оценочные расчеты показали, что ежегодные темпы роста ВРП по указанному сценарию будут на 3–3,5% ниже, чем в инновационно-стратегическом сценарии.

Анализ ретроспективного периода совпадает с первым этапом хода реализации ЭСРС-2030. В этот период произошли существенные изменения: вследствие ввода нефтепроводной системы ВСТО и интенсивного освоения углеводородных месторождений в западной части республики – Талаканского НГКМ, Среднеботуобинского НГКМ в разы увеличилась добыча нефти, в южной части Якутии – освоение Эльгинского месторождения каменных углей, Инаглинской, Денисовской угольных шахт и других месторождений угля вывели добычу угля на уровень докризисного 2008 г. За относительно короткий промежуток времени произошел рост наращивания производства энергоресурсов с последующим ее сбытом как за пределы республики, так и на экспорт. В период с 2008–2015 гг. в республике всего добыто более 44 млн т нефти, в том числе из Талаканского НГКМ – 39 млн т, 18 млрд куб. м. природного и попутного газа, 92 млн т угля. В 2015 г. по республике было добыто 4,1% угля, 1,8% нефти, произведено 0,8% электроэнергии России, а также 39,8% угля, 36,2% нефти, 6,3% газа, 17,6% электроэнергии, 20,1% теплоэнергии Дальнего Востока [8]. Из всего добытого угля экспортировано 47%, нефти – 97%. Происходящие изменения в структуре экономики республики подразумевают тенденцию изменения в структуре баланса топливно-энергетических ресурсов, как по производству, так и по потреблению топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и энергии [9, 10].

Прогноз по скорректированному сценарию можно разделить на 2 периода: 2016–2025 гг. и 2026–2035 гг.

В первом периоде (2016–2025) дальнейшее изменение в структуре баланса топливно-энергетических ресурсов зависит от реализации Чаяндинского газоконденсатного месторождения и газопроводной системы Чаянда – Хабаровск – Владивосток.

Второй период (2026–2035) связан с полномасштабной реализацией проектов по освоению углеводородных ресурсов и угольной промышленности с последующим наращиванием на экспорт, от степени газификации населенных пунктов в Южной Якутии и др., объединение с Единой национальной электрической сетью энергорайонов республики.

В таблице приведен прогноз темпов изменения ВРП и энергопотребления ТЭР по ЭСРС-2030 и скорректированному сценариям развития экономики.

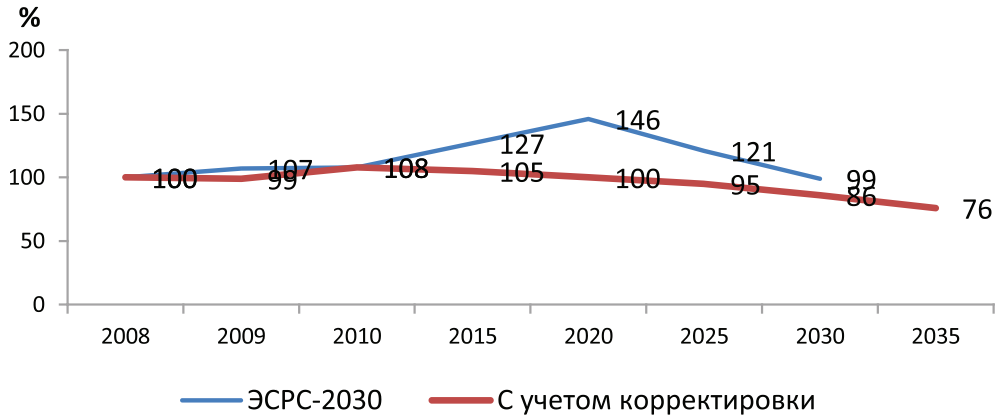



*Рис. 5. Динамика энергоемкости ВРП*

Среднегодовые темпы роста ВРП за весь период по скорректированному сценарию будут на порядок ниже сценария ЭСРС-2030. При этом темпы роста энергопотребления не будут опережать темпы роста ВРП. Если среднегодовые темпы роста ВРП по скорректированному сценарию в 2018–2035 гг. составят от 3–4,6 %, а темпы роста энергопотребления – от 0,5–3,6 %, то энергоемкость ВРП в 2035 г. относительно 2008 г. снизится на 27 %. Валовый региональный продукт возрастет к 2035 г. (в ценах 2008 г.) в 2,3 раза. При этом общее потребление топливно-энергетических ресурсов увеличится в 1,8 раза. На рис. 5 приведен прогноз энергоемкости ВРП в 2008–2035 гг. по ЭСРС-2030 и скорректированному сценариям.

По отношению к 2008 г. в 2015 г. энергоемкость ВРП повышалась на 5,2 %. Согласно ЭСРС-2030 энергоемкость к 2030 г. будет находиться на уровне 2008 г., по скорректированному сценарию снизится до 86 % от уровня 2008 г., в 2035 г. снизится до 76 %.

Таким образом, энергоемкость по скорректированному варианту при реализации крупных энергопроектов до 2020 г. повысится, затем в случае благоприятных внешних и внутренних условий экономики снизится на 14 % (к 2030 г.) и на 24 % (к 2035 г.) от уровня 2020 г., т.е. существенного снижения энергоемкости не произойдет. Энергопотребление увеличится частично за счет роста доли производства товаров (крупные проекты, малое предпринимательство), увеличения потребления энергоресурсов населением и социальной сферой. Большая половина энергоресурсов в структуре конечного потребления будет расходоваться на производство теплоэнергии.

## Список литературы

1. Энергетика России: взгляд в будущее (Обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 г.). – М.: Издательский дом «Энергия», 2010. – 616 с.

2. Кузьмин А.Н. Перспективы развития малой теплофикации в Республике Саха (Якутия) / А.Н. Кузьмин, Е.Ю. Михеева, Н.В. Павлов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 101 с.

3. Петров Н.А. Ход реализации и необходимость корректировки Энергетической стратегии Республики Саха (Якутия) с высоты целей будущего // Энергетическая политика. – 2015. – № 3. – С. 67–78.

4. Алексеев Н.Н., Ситников В.С., Петров Н.А., Тетерина Е.А. Нефть и газ в структуре топливно-энергетического комплекса Республики Саха (Якутия): состояние и перспективы развития // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2011. – Т. 8, № 4. – С. 66–73.

5. Соколов А.Д., Такайшвили Л.Н., Петров Н.А., Павлов Н В. Угольная промышленность Республики Саха (Якутия): существующее состояние и возможности развития // Вестник ИрГТУ. – 2010. – № 4. – С. 63–69.

6. Петров Н.А., Ефимов В.М., Алексеев Н.Н., Ситников В.С. Состояние и основные задачи инновационного развития нефтегазового комплекса Республики Саха (Якутия) // Наука и образование. – 2012. – № 1. – С. 35–39.

7. Энергетическая Стратегия Республики Саха (Якутия) на период до 2030 г. – Якутск; Иркутск: Медиа-холдинг «Якутия» и др.; 2010. – 328 с.

8. Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Музычук С.Ю., Музычук Р.И. Энергоэкономический анализ существующего состояния региональных топливно-энергетических комплексов Востока России // Энергетическая политика. – 2016. – № 5. – С. 14–22.

9. Топливно-энергетический баланс Республики Саха (Якутия). – Якутск: Сахаполиграфиздат, 2005. – ч. II. – 280 с.

10. Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Музычук С.Ю., Музычук Р.И. Топливно-энергетические балансы в системе комплексного исследования развития региональных ТЭК // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2011. – № 2. – С. 21–35.

УДК 332.12

# ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

**Кайгородцев А.А.**

*Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, e-mail: kay-alex@mail.ru*

В статье рассматривается актуальная для стран с переходной экономикой проблема развития государственно-частного партнерства (ГЧП). Раскрыта сущность ГЧП как системы взаимоотношений государства и частного бизнеса, направленных на решение общественно значимых задач. Рассмотрены принципы государственно-частного партнерства. Показана роль ГЧП в ускорении социально-экономического развития страны. Цель статьи – исследование государственно-частного партнерства в качестве экономического механизма инновационного предпринимательства. Гипотеза исследования – государственно-частное партнерство может использоваться при реализации проектов индустриально-инновационного развития. Рассмотрены нормативно-правовая основа государственно-частного партнерства в Республике Казахстан, включающая систему законов и нормативно-правовых актов, регулирующих деятельность субъектов ГЧП, а также новации в казахстанском законодательстве о ГЧП. Выявлены проблемы государственного финансирования инновационной деятельности в Республике Казахстан. Даны рекомендации по развитию инновационной системы Казахстана с использованием механизма государственно-частного партнерства.

**Ключевые слова: государственно-частное партнерство, инновационное предпринимательство, принципы государственно-частного партнерства, экономический механизм, нормативно-правовая основа государственно-частного партнерства**

# PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP AS ECONOMIC MECHANISM OF INNOVATIVE BUSINESS

**Kaygorodtsev A.A.**

*East Kazakhstan State University of S. Amanzholov, Ust-Kamenogorsk, e-mail: kay-alex@mail.ru*

In article the problem of development of the public-private partnership (PPP), urgent for countries with economies in transition, is considered. The essence of PPP as systems of relationship of the state and the private business directed to the solution of socially significant tasks is disclosed. The principles of public-private partnership are considered. The role of PPP in acceleration of social and economic development of the country is shown. Are considered the standard and legal basis of public-private partnership in Kazakhstan including system of the laws and normative legal acts regulating activity of subjects of PPP, and also an innovation in the Kazakhstan legislation on PPP. Various scopes of application of public-private partnership in Kazakhstan are considered. Restrictions in use of the mechanism of PPP in education and sciences are shown. Problems of public financing of innovative activity in Kazakhstan are revealed. Recommendations about development of regional innovative system in Kazakhstan are made.

**Keywords: public-private partnership, innovative business, principles of public-private partnership, economic mechanism, standard and legal basis of public-private partnership**

Инновационное предпринимательство выполняет связующие функции между научно-технической и производственной сферами в целях создания и развития предприятий, которые способны, оперативно реагируя на текущую конъюнктуру рынка, налаживать серийное производство конкурентоспособной наукоемкой продукции повышенного спроса.

Субъектами инновационного предпринимательства являются: бизнес-ангелы; малые внедренческие предприятия; инновационные менеджеры.

Одним из механизмов эффективного функционирования инновационного предпринимательства является государственно-частное партнерство (ГЧП), которое представляет собой систему экономических отношений между государством и частным бизнесом, основанную на рациональном распределении прав, обязанностей, рисков, затрат и выгод.

Проблемы государственно-частного партнерства рассматриваются в работах таких казахстанских и зарубежных авторов, как А.Ш.-З. Бейсембинова [1], В.Ю. Данилевич [2], А.О. Иванова [3], М.В. Киварина [4], С.В. Скрябин [5], А. Акинтойе [6], Д. Гримси [7], Г. Ходж [8], Е.-Х. Клийн [9] и др.

Несмотря на достаточно большое количество публикаций, в которых рассматриваются различные теоретические и практические аспекты государственно-частного партнерства, по-прежнему отсутствует четкая проработка механизма взаимодействия государства и бизнеса, основанного на партнерском подходе, в частности в сфере инновационного предпринимательства.

В связи с этим ***целью*** настоящей статьи является исследование государственно-частного партнерства в качестве экономического механизма инновационного предпринимательства.

## Материалы и методы исследования

Для обоснования основной гипотезы исследования – возможности использования механизма ГЧП для развития системы взаимодействия государства и частного бизнеса в инновационном предпринимательстве – были использованы системный подход, методы сравнительного анализа и абстрактно-логического моделирования.

Информационную базу исследования составляют законы Республики Казахстан, регулирующие использование механизма государственно-частного партнерства, а также произведения отечественных и зарубежных авторов по проблемам ГЧП и инновационного предпринимательства.

## Результаты исследования и их обсуждение

***Стратегической целью*** развития инновационного предпринимательства является создание эффективно функционирующей региональной инновационной системы, обеспечивающей, с одной стороны, спрос отечественных и зарубежных потребителей на научно-технологическую продукцию и услуги, а с другой – значительный вклад в социально-экономическое развитие региона путем увеличения доходной части местного бюджета, притока инвестиций, увеличения числа рабочих мест в инновационной сфере.

Для реализации указанной цели необходимо решить следующие ***задачи*:**

– совершенствование механизма государственного регулирования и поддержки инновационной деятельности в регионе;

– создание благоприятных условий для модернизации или технического перевооружения действующих производств в целях повышения производительности труда, удлинения производственной цепочки и расширения рынка сбыта;

– повышение инвестиционной привлекательности и экспортного потенциала хозяйствующих субъектов индустриально-инновационной деятельности;

– привлечение отечественных и иностранных инвестиций для финансирования проектов индустриально-инновационного развития региона;

– создание благоприятных условий для внедрения инноваций и развития высокотехнологичных производств;

– развитие региональной инновационной инфраструктуры, являющееся необходимым условием повышения конкурентоспособности местных предприятий на внутреннем и международном рынках наукоемкой продукции и научно-технических услуг;

– оказание содействия субъектам инновационной деятельности в коммерциализации технологий;

– развитие научно-исследовательской базы и ее интеграция с производством;

– оказание содействия субъектам инновационной деятельности в международном сотрудничестве в инновационной сфере.

***Экономический механизм*** инновационного предпринимательства включает следующие элементы:

– стратегическое планирование индустриально-инновационной деятельности;

– финансирование разработки и внедрения инновационных проектов;

– кредитование хозяйствующих субъектов индустриально-инновационной деятельности;

– страхование предпринимательских рисков;

– ценообразование;

– взаимоотношения субъектов индустриально-инновационной деятельности с поставщиками и потребителями;

– налогообложение инновационных предпринимателей [10].

Одной из форм организационно-экономического механизма инновационного предпринимательства является ***государственно-частное партнерство***, под которым следует понимать систему взаимоотношений государства и субъектов частного предпринимательства, направленных на решение общественно значимых задач на условиях рационального распределения прав, обязанностей, рисков, затрат и выгод в соответствии с хозяйственными договорами [5].

Государственно-частное партнерство (ГЧП) осуществляется на основе следующих ***принципов***:

– приоритет социальных целей перед коммерческими;

– равноправие участников партнерства;

– договорная форма взаимоотношений государства и бизнеса с четкой фиксацией прав и обязанностей сторон;

– конкурсный отбор участников проектов ГЧП;

– минимизация вмешательства государства в административно-хозяйственную деятельность частных предпринимательских структур, предоставление им в рамках достигнутых договоренностей экономической свободы;

– получение участниками проектов ГЧП экономической выгоды, достижение в результате взаимодействия партнеров лучшего результата за ту же стоимость или того же результата при более низкой стоимости;

– рисковый характер государственно-частного партнерства, разделения рисков и расходов по проекту ГЧП между его участниками;

– прозрачность партнерства и наличие обратной связи между участниками проектов ГЧП и населения [3].

В рамках ГЧП производится софинансирование инновационных проек-

тов, со стороны государства, которое может стать катализатором для их реализации. При этом возможно использование инструментов проектного финансирования, размещения проектного долга в форме синдицирования и рефинансирования, позволяющих участникам проектов ГЧП воспользоваться дополнительными инструментами привлечения инвестиций.

Государственно-частное партнерство – это механизм, предоставляющий новые возможности и для государства, и для частного бизнеса. В рамках ГЧП субъекты инновационного предпринимательства получают доступ к новым источникам доходов, а государство получает возможность использовать ресурсный и интеллектуальный потенциал частного сектора при реализации инновационных проектов, которые традиционно относятся к сфере ответственности государства.

В рамках государственно-частного партнерства в соответствии с хозяйственными договорами между органами исполнительной власти, либо уполномоченными ими лицами, и субъектами инновационного предпринимательства, происходит сбалансированное распределение прав, обязанностей, рисков, затрат и выгод.

Эти условия являются обязательными для эффективного партнерства между государством и бизнесом, позволяющего обеспечить успешную реализацию проектов ГЧП, в данном случае в индустриально-инновационной сфере.

ГЧП – это партнерство, основанное на конкретных обязательствах сторон, в соответствии с которыми должен быть соблюден баланс рисков и ответственности государства и субъектов инновационного предпринимательства. При этом в хозяйственных договорах между участниками ГЧП должны быть четко зафиксированы такие аспекты взаимоотношений между ними, как стоимость проекта, временные рамки, качественные нормы.

Результаты реализации проектов ГЧП (объекты интеллектуальной собственности, основные фонды и т.п.) являются собственностью государства, а субъектам инновационного предпринимательства, создавшим тот или иной объект, согласно контракту, данный объект отдается во временное пользование на период, за который можно окупить инвестиции и заработать прибыль. По истечении срока контракта на эксплуатацию объект, созданный в рамках ГЧП, возвращается государству.

В Казахстане правовое регулирование государственно-частного партнерства осуществляется на основе Гражданского кодекса РК, Законов РК «О государственно-частном партнерстве», «О концессиях», «О государственных закупках», «О недрах и недропользовании» и других нормативно-правовых актов.

В инновационном предпринимательстве можно использовать любую из форм государственно-частного партнерства.

Однако в Казахстане проекты ГЧП реализуются в основном в следующих сферах:

– строительство и эксплуатация аэропортов, железнодорожных вокзалов и автовокзалов;

– реконструкция и эксплуатация автомобильных дорог;

– реконструкция и эксплуатация железнодорожных линий;

– строительство и эксплуатация электростанций;

– строительство и эксплуатация линий электропередач;

– строительство школ и объектов здравоохранения в рамках программы «100 школ 100 больниц»;

– строительство и эксплуатация комплексов детских садов.

В настоящее время в Казахстане реализация проектов ГЧП осуществляется на основе системы отраслевых дорожных карт. Так, например, Дорожная карта по реализации проектов ГЧП Министерства образования и науки РК на 2016–2018 гг. [11] предусматривает реализацию проекта «Региональный центр тестирования».

В Казахстане применяются следующие формы договоров государственно-частного партнерства:

– доверительного управления государственным имуществом;

– имущественного найма (аренды) государственного имущества;

– концессии;

– сервисный контракт;

– на разработку технологии, изготовление опытного образца, опытно-промышленное испытание и мелкосерийное производство;

– жизненного цикла;

– иных договоров, соответствующих признакам ГЧП.

Отечественная и мировая практика свидетельствуют о том, что от ГЧП выигрывают обе стороны – государство и бизнес.

Государство имеет возможность сэкономить бюджетные средства и при этом получить готовый объект необходимого качества. В рамках ГЧП развивается бизнес-среда, в результате чего:

– государство получает больше налоговых платежей;

– государство оптимизирует свои расходы, привлекая средства частного бизнеса;

– государство получает квалификацию частного бизнеса, его технологии и ноу-хау;

– происходит ускорение развития инфраструктуры.

Для частного сектора ГЧП выгодно тем, что:

– данная форма сотрудничества гарантирует частному бизнесу осуществление деятельности, предусмотренной контрактом, в течение продолжительного периода времени;

– перед предпринимателями открываются новые ниши для приложения наработанных ими возможностей;

– появляются государственные гарантии возврата вложений хозяйствующих субъектов частного сектора;

– бизнесу гарантировано получение невысокой, но стабильной прибыли.

Система ГЧП предоставляет частному сектору больше возможностей для внедрения инноваций, так как привлекая инновационные технологии, разработанные самостоятельно и с опорой на систему государственно-частного партнерства, бизнес может получить много новых проектов.

## Заключение

В результате проведенного исследования сделан вывод о целесообразности использования механизма государственно-частного партнерства для дальнейшего развития в Казахстане инновационной системы и инновационного предпринимательства.

Мы предлагаем следующую ***систему мер***, способствующих реализации стратегии развития инновационного предпринимательства:

– индикативное планирование, мониторинг выполнения планов и программ, внесение в них корректировок с учетом изменения внешних и внутренних условий инновационного предпринимательства;

– использование механизмов налоговой системы, способствующих развитию производств высокотехнологичной продукции;

– выдача субъектам инновационного предпринимательства льготных кредитов;

– поддержка иностранных инвесторов, вкладывающих средства в научно-технический комплекс страны и ее регионов;

– увеличение объема государственных инвестиций в НИОКР;

– гармонизация государственных стандартов Казахстана с международными;

– создание многопрофильных холдингов;

– создание экономических условий для импорта прогрессивных технологий;

– стимулирование вхождения предприятий и организаций в региональные инновационные кластеры путем оказания им предпочтений при проведении тендеров.

В условиях посткризисного развития экономики руководству республики необходимо реализовать следующие меры:

– совмещение стратегического и антикризисного аспектов управления экономикой;

– в рамках стратегического аспекта – преодоление нерешенных задач предыдущего периода (низкая инновационная активность предприятий, потеря конкурентоспособности и т.п.), а также использование развития инновационного потенциала в посткризисный период;

– создание нормативной правовой базы стратегического управления инновационно-технологическим развитием;

– обеспечение кооперации отечественных предприятий с зарубежными партнерами, создание условий для адаптации импортных технологий, а в перспективе – участие в высокотехнологичных разработках иностранных бизнес-партнеров.

Дальнейшие исследования предполагается проводить по проблеме обоснования рациональных организационно-правовых форм ГЧП в инновационном предпринимательстве.

## Список литературы

1. Бейсембинова А.Ш.-З. Инвестиционная деятельность в системе государственно-частного партнерства: теория, методология и перспективы. дисс… д-ра философии (PhD). – Алматы: КазЭУ им. Т. Рыскулова, 2013. – 179 с.

2. Данилевич В.Ю. Государственно-частное партнерство в сфере образования: основные проблемы их взаимодействия // Управление современной организацией: опыт, проблемы и перспективы: Сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции (25 ноября – 25 декабря 2015 г.). – Барнаул: АЗБУКА, 2016. – Вып. 7. – С. 406–408.

3. Иванова А.О. Развитие государственно-частного партнерства в Японии: автореферат дис... канд. эконом. наук. – М., 2010. URL: http://dislib.ru/ekonomika/6220-1-razvitie-gosudarstvenno-chastnogo-partnerstva-yaponii.php (дата обращения: 05.09.2017).

4. Киварина М.В., Морозова Н.И. Роль государственно-частного партнерства в становлении национальной экономики // Управление экономическими системами. – 2011. – № 4. – С. 28–33.

5. Скрябин С.В. Государственно-частное партнерство на примере развития законодательства Республики Казахстан о концессиях // НефтьГазПраво. – 2009. – № 1. – С. 51–62.

6. Akintoye A. Public-Private Partnerships: Managing Risks and Opportunities / A. Akintoye, M. Beck, C. Hardcastle. – Oxford, UK; Malden, MA: Blackwell Science, 2003. – 420 p.

7. Grimsey D. Public-Private Partnerships: The Worldwide Revolution in Infrastructure. Provision and Project Finance / D. Grimsey, M.K. Lewis. – Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar, 2007. – 288 p.

8. Hodge G. Public-Private Partnerships: An International Performance Review / G. Hodge, C. Greve // Public Administration Review. – 2007, June. – P. 37–49.

9.Klijn E.-H. Governing Public-Private Partnerships: Assessing and Managing the Processes and Institutional Characteristics of Public-Private Partnerships / E.-H. Klijn, G.R. Teisman // Public-Private Partnerships: Theory and Practice in International Perspective / Ed. By S.P. Osborne. – London: Routledge, 2000. – P. 84–102.

10. Владимирова Т.А. Финансово-экономический механизм интеграционного взаимодействия в сложной экономической системе: рычаги и методы. – Новосибирск: СИФБД, 2002. – 127 с.

11. Дорожная карта по реализации проектов государственно-частного партнерства Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2016–2018 годы. Утверждена приказом Министра образования и науки РК от 25 апреля 2016 года № 298 [Электронный ресурс]. – URL: http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=34188039#pos=8;-190 (дата обращения: 05.09.2017).

УДК 336.221.24

# НАЛОГОВОЕ АДМИНИСТРИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА

**[1]Каледин С.В., [1]Бархатов В.И., [1]Капкаев Ю.Ш., [2]Шестакова Е.В.**

*[1]ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный университет», Институт экономики отраслей бизнеса и администрирования, Челябинск, e-mail: ecoba@csu.ru;*

*[2]ООО «Актуальный менеджмент», Москва, e-mail: shestakova.ekaterina@gmail.com*

Настоящая статья посвящена исследованию государственной политики в сфере налогообложения предпринимателей в условиях нестабильности в экономике. Политика поддержки предпринимателей предусматривает преференции для малого бизнеса: для новых предприятий – льготы в налогообложении прибыли; совершенствование механизма расчетов средств на реновацию; стимулируются специальные режимы налогообложения; частные предприниматели, не имеющие наемных работников, стимулируются обновлением в системе патентования; находятся в работе мероприятия по льготному кредитованию бизнеса. Вместе с тем следует отметить, что меры поддержки в большинстве случаев имеют направленность отраслевую. При открытии собственного дела бизнесмены плохо осведомлены о налоговых и неналоговых льготах.

**Ключевые слова: налогообложение предпринимателей, налоговое администрирование, наёмные работники, малый бизнес, льготы по налогам, государственная поддержка, специальные налоговые режимы**

# TAX ADMINISTRATION OF SMALL BUSINESSES

**[1]Kaledin S.V., [1]Barkhatov V.I., [1]Kapkaev Yu.Sh., [2]Shestakova E.V.**

*[1]Federal state-funded educational institution of higher education «Chelyabinsk State University» Institute of economy of industries of business and administration, Chelyabinsk, e-mail: ecoba@csu.ru;*

*[2]Limited liability company «Urgent management», Moscow, e-mail: shestakova.ekaterina@gmail.com*

The present article is devoted to a research of public policy in the sphere of the taxation of businessmen in the conditions of instability in economy. The policy of support of businessmen provides preferences for small business: for new productions – privileges on the profits tax; improvement of the mechanism of calculations of funds for renovation; the special tax treatments are stimulated; the natural persons who do not have hired workers are stimulated with improvement of system of patenting; are in work of an action for preferential financing of business. At the same time, it should be noted that support measures, in most cases have focus branch. When opening own business, businessmen are badly informed on tax and non-tax concessions.

**Keywords: the taxation of entrepreneurs, tax administration, hired employees, small business, privileges on taxes, the state support, special tax regimes**

Прошедшие в начале 2016 г. форумы «Опоры России» и «Общероссийского народного фронта» продемонстрировали актуальность своевременного и оперативного разрешения вопросов предприятий малого бизнеса и государства в области налогового администрирования. Своего решения ждут нижеследующие направления налоговых взаимоотношений малого бизнеса и государства:

1. Корректировка налоговой базы.
2. Разработка и введение новых фискальных обязательств.
3. Введение изменений в исчисление региональных налогов.
4. Увеличение страховых взносов.
5. Дополнительные меры административного давления.
6. Развитие информационных технологий в налогообложении.

1. С 2015 г. торговый сбор является новым видом налогов.

Этот сбор – местный платёж, который устанавливается в отношении хозяйствующих субъектов, занимающихся торговой деятельностью.

В зависимости от района города суммы платежей могут изменяться, вместе с тем в целом в условиях кризиса введение новых налогов и сборов негативно сказывается на финансово-экономическом положении предприятий.

2. Дополнительной нагрузкой на предпринимателей является распространение расчета имущественных налогов по их кадастровой стоимости.

Кадастровая переоценка земель увеличила размеры земельного налога.

В настоящее время налог на имущество по кадастровой стоимости исчисляется в отношении торговых и административно-деловых центров в отношении использования нежилых помещений, используемых для размещения в них офисов.

Предприниматели вынуждены отказаться от ведения бизнеса в сельском хозяйстве из-за увеличения кадастровой стоимости земли и имущества.

3. Налогоплательщики испытывают рост сумм взносов, которые уплачиваются в пенсионный фонд и фонд социального страхования.

2013 г. сопровождался увеличением взносов на обязательное медицинское страхование [1, с. 8–16]. Было ликвидировано более половины миллиона предпринимателей, снизилась предпринимательская активность населения.

4. На налоговых агентов возложены новые обязанности в сфере налогообложения. Налоговые агенты, не являющиеся плательщиками НДС, должны будут представлять свои декларации в электронной форме.

К дополнительным обязанностям по налогу на добавленную стоимость приводит аренда госсобственности.

Налогоплательщик при этом:

1) покупает специальный программный продукт;

2) если налогоплательщик один раз в квартал выступил в качестве агента, то должен заполнять декларации по НДС, что увеличивает расходы предпринимателя.

5. В настоящее время налоговые органы получили дополнительные права по проверке складов, ограничений счетов налогоплательщиков.

В 2016 г. налог на доходы физических лиц стал обязательно учитываемым при предоставлении ежеквартального расчета. При несвоевременном расчете налоговый орган блокирует счет налогоплательщика. Эти изменения говорят об увеличении административного давления на предпринимателей.

6. Информационное обеспечение налогоплательщиков, с одной стороны, избыточно (налогоплательщику тяжело изучить все нормы законодательства). С другой стороны, достаточно сложно разобраться самостоятельно в российском налоговом законодательстве. Защитить права налогоплательщика можно лишь улучшением качества информационной работы.

Несмотря на негативное влияние экономических санкций по отношению к отечественной экономике в условиях нестабильности её развития можно наблюдать некоторые положительные тенденции государственной политики в сфере налогообложения предприятий малого и среднего бизнеса. К этим положительным тенденциям можно отнести нижеследующие мероприятия:

1. Разработка мер антикризисного характера.

2. Адресная поддержка предпринимателей.

3. Предоставление субсидий.

4. Создание специализированных органов для поддержки предпринимателей.

5. Региональные льготы и преференции.

6. Развитие информационного взаимодействия.

1. Для снижения налоговой нагрузки применяются льготы налогообложения прибыли для вновь создающихся предприятий в промышленности.

Преимущество, которое предоставлено налоговым законодательством отдельным категориям налогоплательщиков по сравнению с другими, принято называть льготой [2, ст. 56].

Такие преимущества могут предоставляться в различных формах, в том числе в виде:

– освобождения от налога;

– снижения налоговой ставки;

– уменьшения «тела» налога.

В отличие от европейских стран в Российской Федерации самостоятельно занятые граждане платят налоги и занимаются легально предпринимательской деятельностью.

В этой связи освобождаются от налога доходы в виде выплат, полученных физическими лицами, которые индивидуальными предпринимателями не являются за оказание им услуг для индивидуальных нужд [2, п. 70 ст. 217].

Освобождение от исполнения обязанностей налогоплательщика, при исчислении и уплаты налога, если сумма выручки от реализации товаров (работ, услуг) за три предшествующих последовательных календарных месяца этих организаций или индивидуальных предпринимателей не превысила в совокупности 2,0 млн рублей [2, ст. 145].

Предусмотрено применение налоговой ставки 0 процентов для организаций, осуществляющих образовательную или медицинскую деятельность в соответствии с законодательством Российской Федерации, при соблюдении условий, установленных Законами РФ [2, ст. 284.1].

Совершенствование механизма расчета амортизации предусматривается посредством увеличения первоначальной стоимости амортизируемого имущества.

Так называемые налоговые каникулы введены в виде новых механизмов стимулирования для индивидуальных предпринимателей [3, с. 53].

С использованием «одного окна» совершенствуется патентная система. С помощью этой новации производится отчисление налогов, а также платежи по страховым взносам [3, с. 53].

2. На государственном уровне в настоящее время используются механизмы адресной поддержки предпринимательства. В качестве примера адресной поддержки можно назвать зону «Сколково» [4, с. 17].

Финансовая, имущественная, консультационная и информационная поддержка субъектов и организаций, поддержка в об-

ласти подготовки, переподготовки и повышения квалификации работников, инноваций, ремесленничества и промышленного производства также проводятся аналогичным способом.

3. В зарубежных странах для развития малого бизнеса создаются специальные государственные институты [5, с. 51–55]. К таким институтам относится льготное кредитование бизнеса. Одним из вариантов формирования институтов для поддержки предпринимателей является модель создания специальных экономических зон, кластеров с применением специальных налоговых режимов для поддержки предпринимателей.

Для развития малых и средних предприятий создаются специальные фонды, привлекается частный венчурный капитал.

В Российской Федерации такие механизмы поддержки предпринимателей не находят своего применения, т.к. крупные предприятия не заинтересованы в предоставлении капитала для малого бизнеса.

В настоящее время отсутствие единой координации различных структур является проблемой при создании институтов поддержки предпринимателей. Еще одной проблемой использования государственных региональных программ является наличие достаточно сложных критериев отбора предпринимателей. Несомненным является то, что развитию всевозможных программ способствовало бы введение единообразных и простых критериев участия предпринимателей в программах, возможность получения льготного налогообложения и финансирования.

Дальнейшее развитие региональных, государственных и муниципальных программ будет способствовать введению общедоступных и единообразных критериев участия предпринимателей, возможность получения финансовой поддержки и льготного налогообложения.

4. В некоторых отраслях существует возможность получения предпринимателями субсидий. Такой вид поддержки может быть рассмотрен как мера предоставления дополнительных средств на компенсацию затрат и упущенной выгоды.

Практикуется в некоторых отраслях осуществлять субсидии индивидуальным предпринимателям, может предоставляться субсидия на развитие малого бизнеса [6, с. 56–60].

Гранты являются еще одним видом помощи предпринимателям, они предоставляются на развитие культуры, искусства, образования и другие цели.

5. Регионы вправе предоставлять субъектам малого предпринимательства освобождение от налогов [7, п. 1]. Это касается производственной, социальной и научной сфер. Виды предпринимательской деятельности, в отношении которых предусмотрена налоговая ставка в размере 0 %, устанавливаются субъектами РФ на основании Общероссийских классификаторов услуг населению и видов экономической деятельности.

В Правительстве РФ предпринимаются меры региональной поддержки (Крым, Дальний восток). Преференции для особых экономических зон можно отнести к региональным. Федеральные органы власти предоставляют потенциальным отечественным предпринимателям налоговые и таможенные льготы. Создают инфраструктуру, частный бизнес приходит в эти зоны со своими бизнес-идеями и инвестициями. В настоящее время предприятия малого бизнеса могут регистрировать свои компании в «Особых экономических зонах» для получения налоговых льгот.

Для отечественных организаций особой технико-внедренческой экономической зоны, а также для туристско-рекреационных особых экономических зон, объединенных решением Правительства РФ в кластер, федеральная налоговая ставка устанавливается в размере 0 %.

6. Информационное взаимодействие с предпринимателями является достаточно важным, оно направлено на сокращение временных затрат в налоговом органе, упрощение формальностей при организации бизнеса, предполагает дальнейшее развитие интернет-информирования предпринимателей.

Итак, современная налоговая государственная политика предусматривает поддержку малого бизнеса. Вместе с тем следует отметить, что различные меры государственной поддержки в условиях нестабильной экономики должны носить комплексный, всеобъемлющий характер и распространяться на все субъекты предпринимательской деятельности.

**Список литературы**

1. Беспалов М. Новый год – новые правила расчета и уплаты страховых взносов // Налоговый вестник. – 2013. – № 2. – С. 8–18.

2. Налоговый кодекс Российской Федерации (НК РФ). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19671/4cada6c7ce0d8a4a287f0eeb6d5c1ed5f4d08045.

3. Концепция основ и приоритетов налоговой политики в сфере малого бизнеса: монография / Е.В. Шестакова. – М.: Русайнс, 2016. – 220 с.

4. Российская экономика в 2010 году: тенденции и перспективы (Вып. 32). – М.: Ин-т Гайдара, 2011. – 592 с.

5. Сазонова Е.С. Институты развития как инструмент государственной инвестиционной политики: общая характеристика и особенности правового регулирования // Предпринимательское право. – 2013. – № 4. – С. 51–55.

6. Вербина О.Л. Региональные особенности развития предпринимательской деятельности: из опыта прошлого (на примере Курской области) // История государства и права. – 2015. – № 8. – С. 56–60.

7. Федеральный закон от 29 декабря 2014 г. № 477-ФЗ «О внесении изменений в часть вторую Налогового кодекса Российской Федерации». – URL: https://giod.consultant.ru/documents/3677153.

УДК 336.226.4:63

# ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЕДИНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЛОГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ В РОССИИ

**Кипкеева А.М., Боташева Ф.Б.**

*Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, Черкесск, e-mail: asya-Ki@yandex.ru, Botasheva.1965@mail.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию проблем применения сельскохозяйственными товаропроизводителями специального налогового режима единого сельскохозяйственного налога (ЕСХН). В статье приведены преимущества и недостатки применения единого сельскохозяйственного налога, приведены данные о количестве налогоплательщиков, применяющих специальный налоговый режим, данные об объеме поступлений по единому сельскохозяйственному налогу в бюджетную систему Российской Федерации. Также представлены данные об объёме поступлений по единому сельскохозяйственному налогу в расчёте на одного налогоплательщика в бюджет Российской Федерации за исследуемый период. Предложены основные направления развития сельскохозяйственного производства и направления совершенствования применения сельскохозяйственными товаропроизводителями специального налогового режима ЕСХН. Приведены меры по совершенствованию и механизму исчисления единого сельскохозяйственного налога.

**Ключевые слова: сельское хозяйство, эффективность производства, единый сельскохозяйственный налог, недостатки, преимущества**

# THE MAIN PROBLEMS OF THE APPLICATION OF THE UNIFIED AGRICULTURAL TAX AGRICULTURAL PRODUCERS IN RUSSIA

**Kipkeeva A.M., Botasheva F.B.**

*North-Caucasian State Humanitarian-Technological Academy, Cherkessk, e-mail: asya-Ki@yandex.ru, Botasheva.1965@mail.ru*

This article is devoted to study of problems of agricultural producers applying the special tax regime of unified agricultural tax (UAT). The article presents the advantages and disadvantages of the application of the uniform agricultural tax the data on the number of taxpayers applying the special tax regime, the amount of income a single agricultural tax to the budget system of the Russian Federation. Also presents data on revenues on the unified agricultural tax per taxpayer to the budget of the Russian Federation during the study period. The basic directions of development of agricultural production and improving the use of agricultural producers of the special tax regime UAT. Given the improvement and the mechanism of calculation of the unified agricultural tax.

**Keywords: agriculture, production efficiency, uniform agricultural tax, disadvantages, advantages**

Экономическое и социальное развитие региона и страны в целом во многом оценивается по уровню жизни на селе. Во многих развитых странах проблема социально-экономического развития решается не на уровне отдельных экономических субъектов, а на уровне государства, которое посредством рыночных и внешнеэкономических рычагов поддерживает сельское хозяйство [1].

Сельское хозяйство является одной из экономикообразующих отраслей России. Развитие сельскохозяйственного производства поддерживает стабилизацию и устойчивый рост машиностроения, легкой, пищевой, химической отраслей промышленности.

Современный агропромышленный комплекс (АПК) характеризуется системными кризисными явлениями. К ним относятся: недостаточный уровень материально-технического обеспечения сельскохозяйственных организаций; сокращение земель сельскохозяйственного назначения; сокращение поголовья скота; сокращение государственного финансирования; снижение покупательской способности потребителей сельскохозяйственной продукции; рост неплатежей между предприятиями; диспаритет цен на промышленную и сельскохозяйственную продукцию; неудовлетворительное состояние сельскохозяйственных земель; проблема налогообложения сельскохозяйственных производителей.

Проведем анализ парка основных видов техники в сельскохозяйственных организациях РФ за 2010–2016 гг.

Возвращаясь к проблеме материально-технического обеспечения сельскохозяйственных организаций, можно сделать вывод, что парк основных средств в сельхозорганизациях значительно устарел и требует обновления. Но вместе с тем практически невозможно урегулировать ценовой паритет между промышленностью и сельским хозяйством в связи с силь-

ным нарушением его в пользу промышленности. В связи с этим в сельское хозяйство мало поступает технических средств для выполнения сельскохозяйственных работ. Думаем, что без государственной поддержки сельского хозяйства по его материально-техническому снабжению сельское хозяйство не получит в стране дальнейшего развития. Плачевное состояние по этому вопросу у хозяйств населения и фермерских хозяйств, где в основном применяется конно-ручной труд.

Так, например, по данным табл. 1 видно, что за исследуемый период количество тракторов имеет тенденцию к снижению. За рассматриваемый период количество тракторов снизилось на 28%, зерноуборочных комбайнов на 26,5%, машины для внесения твердых органических удобрений на 27,7%, машины для внесения жидких органических удобрений на 7,7%.

По экспертным оценкам, в России ежегодно выбывает из сельскохозяйственного оборота около 1 млн га земель сельскохозяйственного назначения. Вот и получается, что за последние 25 лет мы потеряли, только по официальной статистике, 38 млн га посевов. В действительности же земель, выведенных из севооборота, у нас уже более 41,5 млн га. И это при том, что по целевому назначению не используется уже 56 млн га, или 14,5% земель сельскохозяйственного назначения [3].

Современный этап развития агропромышленного комплекса характеризуется системными кризисными явлениями. Проводимые рыночные реформы привели к ряду негативных последствий, о чем свидетельствуют нестабильность производства, неустойчивое финансовое состояние предприятий. Переход от крупных форм ведения хозяйства к мелким повлек за собой потерю технического прогресса в аграрной сфере, научно обоснованных форм ведения хозяйства и специализации [4].

Также к проблемам развития производства сельскохозяйственной продукции, на наш взгляд, можно отнести и тот факт, что система налогообложения не учитывает на достаточном уровне специфику отрасли. К основным недостаткам (проблемам) относятся отсутствие гармонизации интересов налогоплательщиков и государства. В связи с этим преобразования в сфере налогообложения АПК не дают желаемого результата.

Возвращаясь к проблемам налогообложения сельскохозяйственных товаропроизводителей хотелось бы отметить, что с 2002 г. был введен в качестве нового элемента налоговой системы РФ единый сельскохозяйственный налог (ЕСХН), с целью повышения эффективности сельскохозяйственного производства и стимулирования сельских товаропроизводителей к рациональному использованию сельхозугодий.

**Таблица 1**

Парк основных видов техники в сельскохозяйственных организациях по РФ, (тысячи штук) [2]

| Сельскохозяйственная техника | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тракторы | 310,3 | 292,6 | 276,2 | 259,7 | 247,3 | 233,6 | 223,4 |
| Плуги | 87,7 | 81,9 | 76,3 | 71,4 | 67,8 | 64,1 | 61,6 |
| Культиваторы | 119,8 | 114,1 | 108,7 | 102,2 | 97,9 | 93,2 | 90,3 |
| Сеялки | 134,0 | 123,6 | 115,4 | 107,5 | 100,7 | 93,6 | 87,7 |
| Комбайны: | | | | | | | |
| Зерноуборочные | 80,7 | 76,6 | 72,3 | 67,9 | 64,6 | 61,4 | 59,3 |
| Кукурузоуборочные | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,7 |
| Льноуборочные | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| Картофелеуборочные | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,2 |
| Кормоуборочные | 20,0 | 18,9 | 17,6 | 16,1 | 15,2 | 14,0 | 13,3 |
| Свеклоуборочные машины (без ботвоуборочных) | 3,2 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 2,2 |
| Косилки | 41,3 | 39,3 | 37,5 | 35,6 | 33,9 | 32,2 | 30,9 |
| Пресс-подборщики | 24,1 | 24,2 | 23,7 | 22,7 | 21,9 | 20,9 | 20,4 |
| Жатки валковые | 27,0 | 25,2 | 23,6 | 22,3 | 21,2 | 19,7 | 19,0 |
| Дождевальные и поливные машины и установки | 5,4 | 5,3 | 5,2 | 5,2 | 5,7 | 5,9 | 6,0 |
| Разбрасыватели твердых минеральных удобрений | 16,6 | 16,5 | 16,3 | 15,8 | 15,8 | 15,5 | 15,7 |
| Машины для внесения в почву: | | | | | | | |
| твердых органических удобрений | 6,5 | 6,1 | 5,6 | 5,2 | 5,1 | 4,8 | 4,7 |
| жидких органических удобрений | 3,9 | 3,8 | 3,7 | 3,6 | 3,7 | 3,6 | 3,6 |

Но, вместе с тем практическое применение ЕСХН стало затруднительным из-за ряда причин:

– возможность применения ЕСХН существовала лишь для сельхозпроизводителей, занятых производством продукции растениеводства [5];

– не могут воспользоваться данным режимом налогообложения предприятия, перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию;

– порядок определения ставки налога, установленный НК РФ, был весьма сложен. Величина налоговой ставки зависела от кадастровой стоимости 1 га сельхозугодий, однако на протяжении двух лет применения данного режима земельный кадастр так и не был утвержден [6];

– налог должен быть уплачен ежеквартально, а не по итогам сельскохозяйственного года. Из-за сезонности производства продукции растениеводства у большинства хозяйств в первом полугодии отсутствовали средства на уплату единого сельскохозяйственного налога, что делало невозможным их переход на уплату единого налога;

– доход от производства сельхозпродукции не должен быть меньше 70% общей их выручки.

С целью решения вышеуказанных проблем применения ЕСХН были внесены изменения в систему налогообложения сельскохозяйственных товаропроизводителей. В первую очередь изменения коснулись следующего:

– расширен круг налогоплательщиков, а именно данный режим могли применять не только сельхозпроизводители в отрасли растениеводства, но и животноводства, рыбохозяйственные предприятия и т.д.;

– с 2017 г. также могут применять данный режим налогообложения организации и ИП, оказывающие услуги сельскохозяйственным товаропроизводителям, которые в соответствии с новым Общероссийским классификатором видов экономической деятельности (ОКВЭД) относятся к вспомогательным видам деятельности в отраслях животноводства и растениеводства (ст. 346.2 п. 2 пп. 2 НК РФ). К таким видам услуг относятся в отраслях растениеводства (подготовка полей, посев сельхозкультур, обрезка фруктовых деревьев) и в отраслях животноводства (перегонка и выпас скота, содержание сельхозживотных и уход за ними, обследование состояния стада);

– при переходе на единый сельскохозяйственный налог налогоплательщики освобождаются от уплаты НДС, налога на прибыль, налога на имущество организаций, а индивидуальные предприниматели от НДФЛ, НДС и налога на имущество;

– налоговой базой признается величина доходов минус величина расходов;

– налог исчисляется на основании налоговой декларации, которая составляется по итогам деятельности за календарный год и уплачивается авансовыми платежами.

Рассмотрим более подробно основные преимущества и недостатки применения ЕСХН, представленные на рисунке.

Как видно из рисунка, к преимуществам применения единого сельскохозяйственного налога относится: небольшой объем предельно простых отчётных документов; возможность добровольного использования как единого сельскохозяйственного налога так и упрощенной системы налогообложения; возможность уменьшения суммы выплачиваемого налога; увеличенный срок налогового периода, в течение которого нужно выплачивать налог (особенно актуально при сезонных видах предпринимательской деятельности); довольно простая и понятная система ведения бухгалтерского учета; вновь зарегистрированный ИП, перешедший на уплату единого сельскохозяйственного налога, не теряет право на применение этого спецрежима, даже если в первом налоговом периоде отсутствовали доходы, уплачиваемые при определении налоговой базы.

К основным недостаткам применения данного специального режима налогообложения относится то, что:

– обязательным условием при переходе на ЕСХН является доля реализации сельскохозяйственной продукции;

– предприятия, применяющие ЕСХН, не освобождаются от обязанности ведения в полном объеме бухгалтерского учёта.

Также организации при ведении бухгалтерского учёта должны:

– соблюдать отраслевые рекомендации при ведении учета;

– малое количество расходных статей;

– при несвоевременном заявлении о переходе на ЕСХН предприниматель не имеет права использовать эту систему налогообложения;

– сложность соблюдения всех требований для предпринимательской деятельности.

Исходя из проведенного исследования применения ЕСХН, можно сделать следующий вывод: развитие сельскохозяйственного производства и поддержка сельскохозяйственного товаропроизводителя возможны при устранении выявленных недостатков применения ЕСХН.

*Преимущества и недостатки применения ЕСХН [7]*

Также следует отметить, что сельскохозяйственным товаропроизводителям, применяющим специальный налоговый режим в соответствии пп. 5 п. 2 ст. 358 НК РФ, предоставляются льготы по налогообложению транспортных средств. Исходя из норм и положений указанной статьи объектом налогообложения признаются:

– тракторы, самоходные комбайны всех марок;

– специальные автомашины (молоковозы, скотовозы, специальные машины для перевозки птицы, машины для перевозки и внесения минеральных удобрений, ветеринарной помощи, технического обслуживания);

– зарегистрированные на сельскохозяйственных товаропроизводителей и используемые при сельскохозяйственных работах для производства сельхозпродукции.

Однако применение указанной льготы становится затруднительным. Льготы предоставляются исключительно для тех видов техники, в паспорте которых указано, что автомобиль является комбайном, трактором или специальной автомашиной. Льгота также предоставляется только в том случае, если данная техника используется при производстве сельскохозяйственной продукции [7].

Рассмотрим структуру плательщиков единого сельскохозяйственного налога в Российской Федерации за 2010–2016 гг.

Исходя из данных, представленных в табл. 2, видно, что количество налогоплательщиков за 2011–2012 гг. имеют тенденцию к снижению. Так, например, за 2011–2012 гг. количество налогоплательщиков применяющих единый сельскохозяйственный налог снизилось на 17,1%.

Затем с 2013–2014 гг. также имеется тенденция к снижению на 4,9%. И лишь за 2015–2016 гг. ситуация немного изменилась. За 2015–2016 гг. количество налогоплательщиков применяющих специальный налоговый режим увеличилось на 1,4%. За 2010–2016 гг. количество организаций применяющих ЕСХН снизилось на 21,1%. Количество индивидуальных предпринимателей применяющих ЕСХН также за рассматриваемый период имеет тенденцию к снижению. С 2010 по 2016 гг. количество индивидуальных предпринимателей применяющих ЕСХН снизилось на 25,1%.

Далее рассмотрим объем поступлений по единому сельскохозяйственному налогу в бюджет РФ (табл. 3).

**Таблица 2**

Структура плательщиков единого сельскохозяйственного налога в РФ за 2010–2015 гг. (тыс. ед.) [8]

| Показатели | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Количество налогоплательщиков, применяющих единый сельскохозяйственный налог | 131,6 | 146,7 | 121,6 | 98,8 | 94,0 | 98,3 | 99,7 |
| В том числе: | | | | | | | |
| организации | 28,9 | 28,1 | 26,4 | 24,3 | 23,6 | 23,4 | 22,8 |
| индивидуальные предприниматели | 102,7 | 118,6 | 92,2 | 74,5 | 70,4 | 74,9 | 76,9 |

**Таблица 3**

Объем поступлений ЕСХН в бюджет РФ за 2010–2015 гг., (млн руб.) [8]

| Показатель | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сумма единого сельскохозяйственного налога – всего | 3289,1 | 3283,4 | 3673,8 | 4024,5 | 3077,1 | 9586,6 | 11367,5 |
| В том числе: | | | | | | | |
| Организации | 2606,2 | 2521,1 | 2692,0 | 2979,1 | 2777,7 | 7183,6 | 8482,6 |
| индивидуальные предприниматели | 682,9 | 762,4 | 981,9 | 1045,5 | 2993,8 | 2403,0 | 2884,8 |

Исходя из данных, приведенных в табл. 3, видно, что в 2011–2016 гг. поступления по ЕСХН имеют положительную динамику. И только за 2013–2014 гг. наблюдается снижение поступлений по единому сельскохозяйственному налогу на 23,6%. Это, на наш взгляд, является результатом экономического кризиса в стране. В 2014 г. России пришлось пережить потрясения, которые повлияли на экономику страны: приведшее к валютному кризису падение цен на нефть и экономические санкции Запада.

Но, несмотря на положительные тенденции, за исследуемый период порядок применения и механизм исчисления ЕСХН далек от совершенства.

В соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ) выделяют следующие виды специальных налоговых режимов [9]:

1. Единый налог на вмененный доход.
2. Упрощенная система налогообложения.
3. Соглашение о разделе продукции.
4. Патентная система налогообложения.
5. Единый сельскохозяйственный налог.

Исходя из проведенного исследования можно сделать следующие выводы. Среди налогоплательщиков, применяющих специальные налоговые режимы, наименьшая доля приходится на ЕСХН. Это подтверждает тот факт, что необходимо усилить роль ЕСХН в российской экономике.

В качестве мер по совершенствованию применения и механизма исчисления ЕСХН предлагаем: расширить перечень расходов, которые учитываются при исчислении ЕСХН. Так, расходы по незавершенному производству не принимаются к учету в тот период, в который они были произведены. В условиях нестабильной финансовой ситуации в сельском хозяйстве и ограниченной возможности получения кредитов это приводит к снижению ликвидности активов организаций. Следовательно, по этой причине перечень расходов должен быть дополнен отдельными видами расходов, непосредственно связанными со спецификой аграрного сектора.

С целью развития отраслей АПК необходимо совершенствовать специальный налоговый режим с учетом специфики отраслей сельского хозяйства. Механизм налогообложения сельскохозяйственных товаропроизводителей должен, во-первых, обеспечить налоговые поступления в бюджетную систему РФ, а во-вторых, стимулировать тот вид деятельности который государство решит перевести на особый режим налогообложения.

**Список литературы**

1. Боташева Ф.Б. Проблемы стимулирования производства отечественной сельскохозяйственной продукции / Ф.Б. Боташева, Е.М. Семенова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 2. – С. 15–21.

2. Государственный комитет статистики [Официальный сайт]. – Режим доступа: htt:// www.gks.ru / (дата обращения: 12.03.2017).

3. Кашин В. Земля взывает о помощи … / В. Кашин // Правда. – 2016. – № 138. – С. 10.

4. Кипкеева А.М. Структурная организация плодоовощного подкомплекса и приоритетные направления повышения эффективности его функционирования: монография. – Ставрополь: Ставролит, 2010. – С. 15–16.

5. Чеккуева Л.К. Единый сельскохозяйственный налог: пробелы налогового законодательства / Л.К. Чеккуева, Т.М. Борлакова // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 2. – С. 231–234.

6. Клейн М.К. Единый сельскохозяйственный налог: роль, значение и пути его совершенствования / М.К. Клейн, М.К. Тарасова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 121. – С. 1–14.

7. Чеккуева Л.К. Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития / Л.К. Чеккуева // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 1. – С. 20–27.

8. ФНС РФ [Официальный сайт]. – Режим доступа: http://www.nalog.ru/ (дата обращения: 12.03.2017).

9. Чотчаева М.З. Налоговое регулирование развития малого бизнеса / М.З. Чотчаева // Финансы, денежное обращение. – 2015. – № 9. – С. 82–85.

УДК 339.9

# ЦЕПОЧКИ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТИ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА СЫРЬЕВОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

**[1]Никитенко С.М., [2]Гоосен Е.В., [1]Пахомова Е.О., [3]Колеватова А.В.**

*[1]Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кемерово, e-mail: nsm.nis@mail.ru, epachomova@mail.ru;*

*[2]Кемеровский государственный университет, Кемерово, e-mail: egoosen@yandex.ru;*

*[3]Кемеровский институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова, Кемерово, e-mail: nastya-k91@yandex.ru*

Статья актуализирует проблему поиска региональных инструментов развития для улучшения социально-экономического положения России. Поиск наилучшего соотношения между ресурсными и нересурсными факторами регионального развития представляет одну из фундаментальных междисциплинарных проблем, стоящих перед отечественной наукой. Авторы ставят задачу по поиску особых инструментов развития для ресурсных регионов, которые смогут преодолеть проблему ресурсной зависимости. Предложено искать альтернативный путь развития с помощью теории цепочек добавленной стоимости. В исследовании в качестве объекта для приложения выбрана Кемеровская область. По мнению авторов, в угольной промышленности Кемеровской области разумно развивать и восходящие, и нисходящие ЦДС, которые должны дополнять друг друга и закрывать «разрывы» в технологических производственных цепочках.

**Ключевые слова: инструменты развития региональной экономики, ресурсные регионы, цепочки добавленной стоимости (ЦДС), разрывы ЦДС, Кемеровская область**

# THE VALUE CHAINS AS AN INSTRUMENT OF ECONOMY DEVELOPMENT IN THE REGION OF RAW-MATERIAL ORIENTATION

**[1]Nikitenko S.M., [2]Goosen E.V., [1]Pakhomova E.O., [3]Kolevatova A.V.**

*[1]Institute of coal of the Siberian branch of the RAS, Kemerovo, e-mail: nsm.nis@mail.ru, epachomova@mail.ru;*

*[2]Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: egoosen@yandex.ru;*

*[3]Plekhanov Russian University of Economics, Kemerovo branch, Kemerovo, e-mail: nastya-k91@yandex.ru*

The article makes actual a problem of search of regional development instruments for improvement of economic and social situation in Russia. The search of the best ratio between resource and not resource factors of regional development represents one of the fundamental cross-disciplinary problems facing Russian science. The authors set a task of search of the special development instruments for resource regions which will be able to overcome a problem of resource dependence. It's offered to look for an alternative way of development by means of the theory of value chains. Kemerovo region is chosen as a research object. It's the authors' opinion that it's reasonable to develop both the ascending, and descending value chains in the coal industry in Kemerovo region which have to supplement each other and close «gaps» in technological production chains.

**Keywords: development instruments of regional economy, resource regions, value chains, breakage of the value chains, Kemerovo region**

Одной из обсуждаемых задач экономической науки является выбор модели развития российской экономики в части наличия ресурсов и преодоление зависимости от них. Термин «ресурсное проклятье» приобрел негативную окраску и предполагает, что страны, обладающие большими запасами ресурсов, ощущают негативное влияние на экономику, что приводит к снижению темпов экономического роста. Проблема ресурсной экономики не столько связана с тем, что основной доход идет от добычи этих ресурсов, сколько с тем, что другие отрасли не развиваются, обостряя проблему диверсификации экономики и развития обрабатывающих и иных производств. В качестве особенностей ресурсных регионов можно выделить следующие: во-первых, узкая специализация экономики региона, зависимость от «одного» вида производства и, как следствие, от внешних покупателей, во-вторых, консервация других типов производств, анклавность региона и, в-третьих, неэластичность региональной экономики. На взгляд авторов, ресурсные регионы нуждаются в особых инструментах развития, способных не разрушить модель региональной экономики, а раскрыть ее и вывести на новый альтернативный путь социально-экономического развития. Поиск наилучшего соотношения между ресурсными и нересурсными факторами развития, выявление наиболее эффективных масштабов и форм взаимодействия между минерально-сырьевым и несырьевым секторами экономики представляют одну из фундаментальных междисциплинарных проблем, стоящих перед отечественной наукой.

*Рис. 1. Кривая доходности ЦДС [6]*

Целью предлагаемой статьи является объяснение на основе теории цепочек добавленной стоимости проблем и перспектив развития экономики региона сырьевой специализации и поиск путей ее диверсификации.

Теория цепочек добавленной стоимости, а точнее – теория глобальных цепочек добавленной стоимости (ЦДС), была предложена в 1960–1970-х гг. Она пыталась ответить на вопрос: почему одним странам удалось обеспечить высокие темпы роста и развития за счет инноваций и участия в глобальном разделении труда, а другие отстали? Для этого были проанализированы степень и характер вовлечения стран и регионов в процесс создания стоимости по всей технологической цепочке – от момента возникновения концепции продукта до его реализации конечному потребителю на рынке.

В отличие от других подходов, занятых изучением проблем инновационного развития стран и регионов, теория ЦДС позволяет решить следующие вопросы:

– показать влияние эффектов ЦДС на локальном уровне отдельных регионов, отраслей и кластеров;

– объяснить механизмы влияния крупных глобальных вертикально-интегрированных компаний на выбор страной (регионом) специализации;

– выявить явные и скрытые (актуальные и потенциальные) возможности и риски встраивания компаний и стран (регионов) в современные рынки на глобальном, национальном и отраслевом уровнях и показать возможные альтернативные сценарии смены этой специализации. Этот вопрос крайне актуален для стран и регионов, имеющих сырьевую специализацию.

Считается, что автором теории ЦДС является М. Портер, который в работе «Конкурентное преимущество. Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость» описал вертикальную цепочку добавленной стоимости на уровне отдельной компании (корпоративную ЦДС): «Каждая компания может быть представлена как совокупность различных видов деятельности, направленных на разработку, производство, маркетинг, доставку и обслуживание своих продуктов. Все эти виды деятельности объединяются в цепочку создания стоимости» [1, с. 70]. Т. Сторджен (T. Sturgeon) в самом общем виде определял ЦДС как механизм начисления стоимости в процессе создания конечного продукта, который включает в себя различные стадии разработки, производства, включая дизайн, и сбыта готовой продукции [2]. В докладе ОЭСР (2013 г.) ЦДС определены как «весь процесс производства товаров, от сырья до конечного продукта» [3, с. 8].

В России проблемами ЦДС занимаются В. Кондратьев, Т. Мешкова и Е. Моисеичев. В. Кондратьев отмечает, что «ЦДС включают в себя проектирование, производство, маркетинг, дистрибуцию и послепродажное обслуживание потребителя» [4]. Т. Мешкова и Е. Моисеичев утверждают, что ЦДС «представляет собой устойчивый механизм начисления стоимости в процессе создания конечного продукта, включающий в себя различные технологические стадии производства, а также сферы дизайна и сбыта продукции» [5, с. 84].

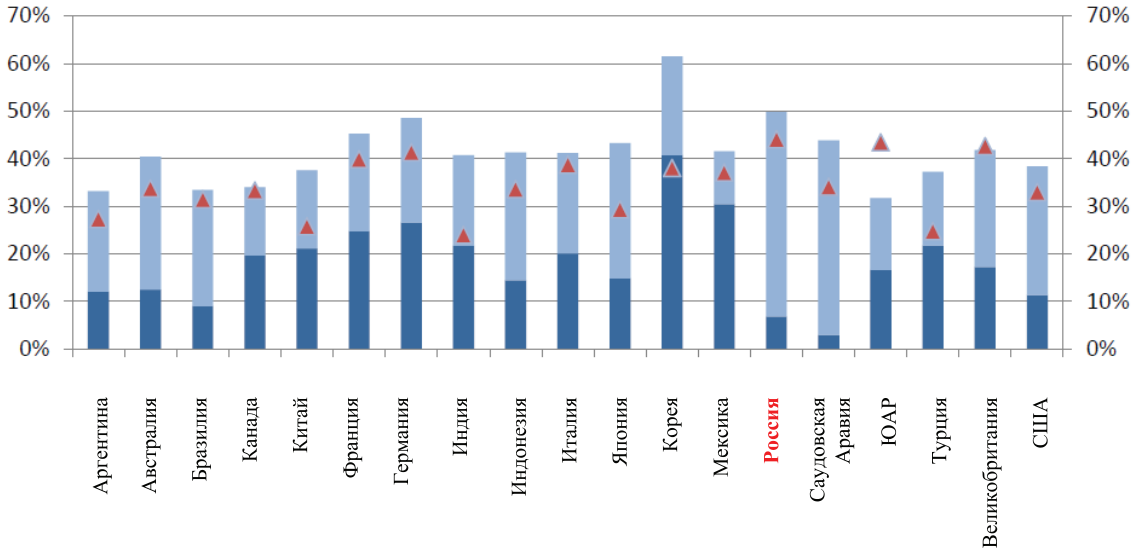



*Рис. 2. Участие отдельных стран в ГЦС 1995 и 2009 гг. [3, 7]*
*– Экспорт промежуточных товаров, использовавшихся для экспорта в третьи страны в 2009 г. (нисходящие связи);*
*– Импортные ресурсы, использовавшиеся в экспорте в 2009 г. (восходящие связи);*
*– Общее участие в 1995 г.*
*Показатель рассчитывается как процент валового экспорта и имеет два компонента: доля импорта в экспорте и экспорт промежуточных ресурсов (товаров и услуг), использовавшихся для экспорта в третьи страны*

В этом вопросе авторы статьи придерживаются определения Т. Сторджена.

Внутри ЦДС прослеживается закономерность, описанная Р. Каплински, которая отражена на рис. 1 [6]. «Улыбающаяся кривая» (Smile/Smiling Curve) показывает, как распределяется добавленная стоимость на разных стадиях производственного цикла, начинающегося от стадии разработки и заканчивающегося послепродажным обслуживанием товара.

На рис. 1 видно, что наибольший объем добавленной стоимости приходится на стадии, наиболее отдаленные от процесса производства – научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) и послепродажное обслуживание. Так, фирма, выполняющая НИОКР в рамках ЦДС, как правило, получает больший объем экономической ренты. При этом фирмы, занятые добычей и первичной переработкой ресурсов, как правило, получают наименьшую долю в ЦДС. Толщина «улыбки» отражает количество фирм, которые могут выполнять данную функцию в рамках ЦДС. Таким образом, самые прибыльные сегменты ЦДС заняты наименьшим количеством фирм.

Внутри отдельной ЦДС можно выделить два типа связей:

– восходящие связи (forward linkages);

– нисходящие связи (backward linkages) [3].

Восходящие связи чаще всего формируются в рамках экспортно-ориентированной модели развития стран (регионов), которые добывают и экспортируют сырьевые товары и услуги, имеющие невысокую добавленную стоимость, и импортируют готовую продукцию с высокой добавленной стоимостью из ранее экспортируемого сырья. Восходящие ЦДС характерны для отраслей с процессным производством (химическая, нефте- и угледобывающая и металлургическая отрасли), им свойственна низкая локализация перерабатывающих, смежных и обеспечивающих производств в регионе. Поэтому страны, в ЦДС которых преобладают восходящие связи, – это экспортеры сырья, производители комплектующих и компонентов для создания сложной продукции с высокой добавленной стоимостью [3].

Нисходящие связи формируются вокруг производства и экспорта высокотехнологичных инновационных конечных товаров и услуг, при этом сырьевые товары и услуги этими странами (регионами), наоборот, импортируются. Центрами формирования нисходящих ЦДС являются крупные вузы, научно-исследовательские институты (НИИ), современные опытно-конструктор-

ские и инжиниринговые центры. В противоположность восходящим цепочкам создание нисходящих ЦДС сопровождается высокой локализаций в стране (регионе) перерабатывающих, смежных и обеспечивающих производств [3].

Возникновение и бурное развитие ЦДС в первую очередь связано с глобализацией и с деятельностью транснациональных компаний (ТНК). Именно поэтому теории ЦДС имеют второе название теории ГЦС – глобальных цепочек добавленной стоимости и используются при изучении влияния глобализации на уровень и характер развития отдельных стран. На рис. 2 показана степень вовлеченности отдельных стран в глобальные цепочки добавленной стоимости по данным ОЭСР.

Анализ представленных на рис. 2 данных показывает, что в большинстве случаев страны, в которых преобладают нисходящие связи, в ЦДС развиваются более успешно и являются более восприимчивыми к инновациям.

Однако сами цепочки, характер управления ими и, главное, влияние на отдельные страны происходит на разных уровнях (в том числе на уровне отдельных компаний, регионов и стран). По этой причине обоснованным является использование теории цепочек добавленной стоимости для анализа перспектив развития отдельных регионов.

Ресурсные регионы России обладают разной степенью ресурсозависимости и, соответственно, нуждаются в построении разных цепочек добавленной стоимости [8]. В ресурсных регионах, обладающих большими запасами углеводородов (нефть и газ), выявлена тенденция к росту ресурсозависимости. Исключение составляют Томская область, Республики Татарстан и Башкортостан. Для этих территорий снижение ресурсозависимости отражает положительную динамику в структуре ВРП регионов, постепенный рост в них доли обрабатывающих отраслей и наукоемкого производства. В регионах, богатых углем и другими минерально-сырьевыми ресурсами (железные руды, руды цветных металлов и др.), снижается уровень ресурсозависимости. Однако эти изменения отражают не столько положительные изменения в отраслевой структуре ВРП (рост обрабатывающих отраслей и наукоемкого производства), сколько снижение доли доходов от добычи этих ресурсов под воздействием снижения цен на сырье на мировых рынках. Обратимся к последней группе регионов, в частности к Кемеровской области.

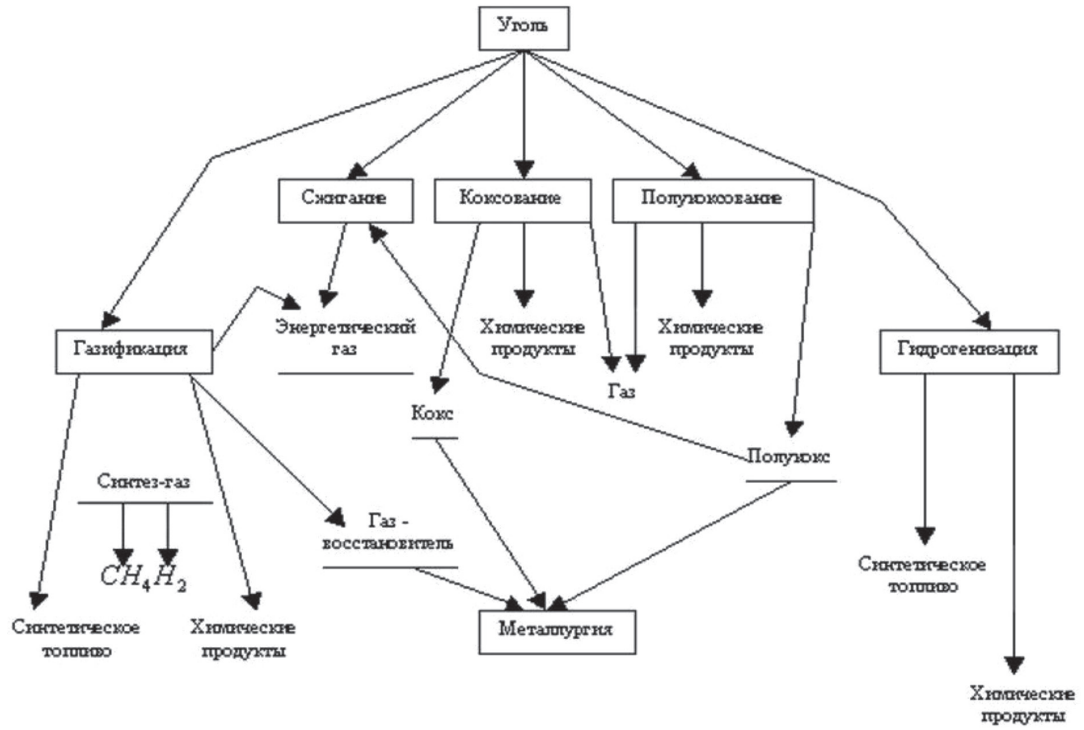



*Рис. 3. «Типичные» технологические цепочки на основе угля*

Экономика Кемеровской области и, соответственно, ЦДС сформирована на основе добычи и обогащения угля. Экспортно-ориентированная модель развития региона привела к тому, что в Кемеровской области сосредоточены в основном первые производственные стадии, которым свойственны такие черты, как капиталоемкость, низкий спрос на НИОКР и высокопроизводительную рабочую силу, незаинтересованность в развитии смежных и обеспечивающих производств. Именно этим объясняется невосприимчивость региона к инновациям, устойчивость моноотраслевой структуры Кемеровской области, сложности диверсификации экономики.

В угольной отрасли Кемеровской области, где доминируют крупные вертикально интегрированные угледобывающие и металлургические холдинги, ситуация с экспортом добытых природных ресурсов, имеющих невысокую добавленную стоимость, и импортом готовой продукции с высокой добавленной стоимостью из ранее экспортируемого сырья проявляется наиболее явно. При этом важно отметить, что все эти крупные вертикально интегрированные компании (ВИК) имеют ярко выраженную восходящую ЦДС как на внешнем, так и на внутреннем рынке.

По мнению авторов, в угольной промышленности Кемеровской области разумно развивать и восходящие, и нисходящие ЦДС, которые должны дополнять друг друга и закрывать «разрывы» в технологических производственных цепочках. В результате глубокой переработки угля и техногенных отходов предприятий горнодобывающей отрасли можно получать до 130 видов химических продуктов и более пяти тысяч видов продуктов смежных отраслей. Благодаря глубокой переработке на основе угля можно получать синтез-газ, аммиак (азотные удобрения), кокс (сталь), каменноугольную смолу. Из каменноугольной смолы можно производить толуол, тротил, нафталин, красители, бензол, фенол. Из бензола – анилин и красители, из фенола – пластмассы и красители (рис. 3).

Для достижения такого результата ВИК необходимо сформировать сбалансированный и устойчиво развивающийся сектор НИОКР, обеспечивающий расширенное воспроизводство знаний и повышение эффективности и результативности инфраструктуры, способствующей коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности (РИД). В свою очередь, коммерциализацией РИД, особенно тех, которые не имеют отношения к основному виду деятельности ВИК (добыче полезных ископаемых), могут заниматься новые или уже существующие малые инновационные предприятия (МИПы), тем самым формируя восходящие и нисходящие ЦДС в регионе.

В основе перспективных восходящих ЦДС может лежать комплексное освоение кузбасскими компаниями внутрироссийского и сибирского регионального рынка угля, в том числе за счет развития «малой энергетики» в жилищно-коммунальном комплексе. Уже сегодня немало крупных и малых угольных компаний стремятся дойти до конечного потребителя угля, занимаясь реализацией своей продукции даже на розничном рынке.

Вторым перспективным направлением развития восходящих цепочек может стать рост объемов обогащения добываемого угля. Из всего объёма добываемого в России угля обогащается чуть более 50%. К 2030 г. в России планируется увеличить объемы обогащения угля до 345 млн тонн (рост против уровня 2016 г. в 1,9 раза). С этой целью планируется обновить все 100% производственных мощностей обогатительных фабрик, введенных в XX веке. Кроме того, совершенствование обогатительных технологий может способствовать развитию и нисходящих цепочек.

Подводя итоги вышесказанному, стоит отметить, что возникновение и бурное развитие ЦДС в первую очередь связано с глобализацией и с деятельностью транснациональных компаний, именно поэтому теории ЦДС имеют второе название теории ГЦС – глобальных цепочек добавленной стоимости и используются при изучении влияния глобализации на уровень и характер развития отдельных стран. Для анализа перспектив развития отдельных регионов России авторы обоснованно предлагают использовать теорию цепочек добавленной стоимости, которая должна стать одним из инструментов развития ресурсных регионов. Данное утверждение связано с тем, что характер вовлечения России в ГДС и ЦДС сохраняется преимущественно сырьевым. Это означает, что Россия в наибольшей степени участвует в восходящих ЦДС, т.е. экспортирует сырье и материалы и импортирует готовую продукцию со значительной наценкой. Такая специализация ведет к тому, что внутри страны не создается высокая доля добавленной стоимости, не развиваются высокотехнологичные отрасли и закрепляется ресурсная специализация регионов.

Использование в практике угольных компаний инновационных технологий способно помочь отрасли пойти интенсивным путем освоения месторождений, тем самым снизив «технологические» потери угля,

и оказать положительное влияние на экономику угледобывающих предприятий, что откроет новые возможности для формирования новых нисходящих ЦДС с использованием имеющихся результатов интеллектуальной деятельности. К тому же важно и то, что эти цепочки не исключают старые восходящие ЦДС, а дополняют их, позволяя значительно удлинить их часть, приходящуюся на российский рынок.

Кооперация предприятий добывающих, перерабатывающих, смежных и обеспечивающих производств в рамках восходящих и нисходящих ЦДС способствует генерации спроса на инновации, производству инновационной продукции, развитию рынков инжиниринговых, сервисных, финансовых, транспортных и маркетинговых услуг и стимулированию развития внутреннего, в том числе регионального, рынка.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-78-20218).*

**Список литературы**

1. Портер М. Конкурентное преимущество. Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость / М. Портер; пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 715 с.

2. Sturgeon T.J. How Do We Define Value Chains and Production Networks? IDS Bulletin. – 2001. – vol. 32, № 3. – P. 9–18.

3. Interconnected Economies: Benefiting from Global Value Chains. – Paris: OECD, 2013. – 54 p. URL: https://www.oecd.org/sti/ind/interconnected-economies-GVCs-synthesis.pdf (дата обращения: 23.08.2017).

4. Кондратьев В. Глобальные цепочки добавленной стоимости в современной экономике [Электронный ресурс]. – URL: http://www.perspektivy.info/print.php?ID=269044 (дата обращения: 23.08.2017).

5. Мешкова Т.А. Мировые тенденции развития глобальных цепочек создания добавленной стоимости и участие в них России / Т.А. Мешкова, Е.Я. Моисеичев // Вестник Финансового университета. – 2015. – № 1. – С. 83–96.

6. Kaplinsky R. Global Value Chains: Where They Came From, Where They Are Going and Why This Is Important // Innovation, Knowledge, Development Working Papers. – 2013. – № 68. – 28 p.

7. Последствия глобальных цепочек создания стоимости для торговли, инвестиций, развития и занятости: Отчет для Саммита лидеров стран G-20 в Санкт-Петербурге (Российская Федерация) в сентябре 2013 года / ОЭСР, ВТО, ЮНКТАД. 2013. URL: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/foreignEconomicActivity/economic_organization/russiaj20j8/doc20131205_7 (дата обращения: 23.08.2017).

8. Каган Е.С. Ресурсные регионы: качественные и количественные критерии выделения / Е.С. Каган, Е.В. Гоосен // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2017. – № 3. – С. 163–170.

УДК 658.5.012.2

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАСХОДОВ НА ТОПЛИВО НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ПРОГРАММУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ РОССИИ

**[1]Осецкая М.М., [2]Жердев Г.М., [3]Алленых М.А.**

*[1]НОУ ДПО «Центральный институт повышения квалификации Госкорпорации Росатом», Обнинск, e-mail: MMOsetskaya@rosatom-cipk.ru;*

*[2]АО «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского», Обнинск, e-mail: jerdev@ippe.ru;*

*[3]ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Москва, e-mail: marina_allenykh@mail.ru*

В статье представлены результаты оценки влияния выбранных факторов производства (материальных расходов, заработной платы и страховых взносов, амортизации и прочих расходов) на величину выручки и прибыли АЭС, ТЭС и ГЭС путем построения экономико-математических моделей производства. Предлагается планирование производственной программы электроэнергетических предприятий осуществлять с учетом изменения расходов на топливо, амортизацию, прочие расходы, которые также являются составляющими нормированной стоимости электроэнергии (LCOE). Ценовая надбавка по итогам расчетов составляет 17% для АЭС, 5% – ТЭС, 47% – ГЭС без учета сопутствующих потерь. Проведена калькуляция топливной составляющей себестоимости электроэнергии АЭС и сравнительный анализ изменений полученных результатов с предыдущими данными с учетом изменения стоимости переделов начальной и заключительной стадий ядерного топливного цикла (ЯТЦ), а также принятой стратегии обращения с РАО и ОЯТ, с рециклом и без рецикла.

**Ключевые слова: планирование производства, нормированная стоимость электроэнергии, АЭС, уран, отработавшее ядерное топливо (ОЯТ), ядерный топливный цикл (ЯТЦ)**

# ESTIMATION OF FUEL COST IMPACT ON ENERGY ENTERPRISES PRODUCTION PROGRAM IN RUSSIA

**[1]Osetskaya M.M., [2]Zherdev G.M., [3]Allenykh M.A.**

*[1]Rosatom Central Institute for Continuing Education and Training, Obninsk, e-mail: MMOsetskaya@rosatom-cipk.ru;*

*[2]JSC «State Scientific Centre of the Russian Federation – Institute forPhysics and Power Engineering n.a. A.I. Leypunsky», Obninsk, e-mail: jerdev@ippe.ru;*

*[3]Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Financial University under the Government of Russian Federation», Moscow, e-mail: marina_allenykh@mail.ru*

The paper presents the results of the assessment of the influence of the selected production factors (material costs, wages and insurance premiums, depreciation and miscellaneous costs) on the revenue and profits of NPP, TPP and HPP by creation economic – mathematical models of production.It is proposed to plan the production program of electric power enterprises taking into account changes in fuel costs, depreciation, miscellaneous costs, which are also components of the levelized cost of electricity (LCOE).The price premium (margin) based on the results of calculations is 17% for nuclear power plants, 5% for thermal power plants, 47% for hydroelectric power stations without taking into account associated losses.The technique introduced by the authors to form fuel cost component was developed. Furthermore a comparative analysis of the changes in the results obtained with previous data, taking into account the changes in the cost of the redistribution of the initial and back-end stages of the nuclear fuel cycle (NFC), the adopted strategyfor handling RW and SNFwith due account for recycling was provided.

**Keywords: production planning, the levelized cost of electricity (LCOE), nuclear power plant (NPP), uranium, spent nuclear fuel (SNF), nuclear fuel cycle (NFC)**

Созданные институциональные основы перевода российского рынка электроэнергии в сферу конкурентных отношений формируют для предприятий новые вызовы. На текущий момент структура электроэнергетической отрасли России представлена тепловыми электростанциями (58,64%), атомными электростанциями (18,3%), гидроэлектростанциями (17,4%), электростанциями промышленных предприятий (5,6%), ветроэлектростанциями (0,013%), солнечными электростанциями (0,044%) [1]. В соответствии с Генеральной схемой размещения объектов электроэнергетики до 2035 г. планируется ввод в эксплуатацию новых энергоблоков АЭС с установленной мощностью 17,7 ГВт при реализации «минимального» варианта развития электроэнергетической отрасли и 21,4 ГВт при реализации «базового» варианта. При этом вывод из эксплуатации составит 13,4 ГВт установленной мощно-

сти АЭС [2], а его стоимость заложена в себестоимость электроэнергии и составляет примерно 3% от годовой выручки [3]. Поддержка Правительством РФ развития ядерной энергетики направлена как на финансирование сооружения АЭС, так и на решение проблемы отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), включая обращение с радиоактивными отходами (РАО). Отчисления на обращение с РАО составляют примерно 7% от годовой выручки и включаются в себестоимость электроэнергии, что итоге увеличивает стоимость электроэнергии для конечного потребителя. Однако господдержка строительства АЭС исчезнет совсем к 2020 г. [4], что приведет к новым вызовам и необходимости проработки новых векторов развития ядерной энергетики, а, следовательно, к поиску резервов повышения экономической конкурентоспособности АЭС. Особенно следует отметить «экспансию» ядерных технологий за рубеж, конкурентоспособность которых доказывается низкой величиной нормированной стоимости электроэнергии (LevelizedCostofElectricity (LCOE)), включающей расходы на топливо, эксплуатацию (в том числе расходы на техническое обслуживание и ремонт, заработную плату персонала), амортизацию и другие за весь жизненный цикл энергетического объекта [5–8].

Целью настоящего исследования является выявление параметров производства, оказывающих наибольшее влияние на изменение выручки и прибыли электроэнергетических предприятий, разработка мероприятий по повышению эффективности формирования производственной программы для достижения конкурентных преимуществ на рынке генерации электроэнергии.

В исследовании использованы методы корреляционного анализа, линейного и динамического программирования, прогнозные квалитативные и квантитативные методы, методы классификации и группировки данных.

Данная статья является логическим развитием и углублением проведенного исследования [8] по планированию производства на АЭС с использованием разработанной экономико-математической модели и предложенной методики планирования расходов на ядерное топливо с учетом принятой стратегии обращения с РАО и ОЯТ. Авторами предложены экономико-математические модели линейного вида зависимости выручки и прибыли от выбранных параметров производства, включенных в себестоимость электроэнергии, с учетом вида генерирующей установки (ТЭС, АЭС, ГЭС). Классическая экономико-математическая модель задачи планирования производства предприятия в большинстве случаев заключается в определении целевой функции себестоимости, стремящейся к минимуму, уравнений ограничений по ресурсам, включая суммарную нагрузку всего оборудования, производящего энергию. Как было показано в [8], целесообразно рассматривать производственную функцию производства электроэнергии в линейном и нелинейном виде.

Предлагается рассматривать производственную функцию

$$Y = Q \times P, \quad (1)$$

где $Y$ – зависимая (объясняемая) переменная, представляющая собой необходимую валовую выручку предприятия, $Q$ – выработка, количество произведенной электроэнергии за календарный год, $P$ – отпускная цена электроэнергии за календарный год, функция которой имеет вид

$$P = \frac{\alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_3 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5}{Q}, \quad (2)$$

где $x = x(x_1, x_2, ..., x_m)$ – вектор независимых (объясняющих) переменных; $\beta$ – вектор параметров (подлежащих определению); $\alpha$ – ценовая надбавка (прибыль). В качестве независимых переменных в уравнении множественной регрессии, сумма которых представляет собой себестоимость электроэнергии, выступают: $x_1$ – материальные затраты, в том числе расходы на топливо; $x_2$ – расходы на оплату труда; $x_3$ – страховые взносы; $x_4$ – амортизация, $x_5$ – прочие затраты, включающие расходы на командировки, услуги сторонних организаций, отраслевые резервы.

Нелинейную модель (1) путем логарифмирования, преобразуя в линейную модель, также можно использовать при определении влияния факторов себестоимости и объемов производства на необходимую валовую выручку, EBIT.

Показано, что производственную функцию также можно рассматривать в линейном виде:

$$Y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5. \quad (3)$$

Выявлено, что линейная модель более точно описывает значения результирующего показателя, чем нелинейная, что, по мнению, авторов, объясняется искусственным формированием тарифа (цены) на электроэнергию, обусловленным государственным регулированием.

Исходными данными, сгруппированными в табл. 1, для построения экономико-математических моделей планирования производства ТЭС, ГЭС и АЭС явились го-

довые отчеты и бухгалтерская отчетность АО «Концерн Росэнергоатом», ПАО «Русгидро» и консолидированная отчетность по ТЭС. Авторы в исследовании приняли во внимание, что в состав ПАО «Русгидро» входят также ТЭС, ГеоЭС, ВЭС, СЭС и ПЭС, сбытовые компании, научно-исследовательские и проектные организации, электросетевые компании.

Экономико-математическая модель производства АЭС имеет вид

$$Y = 48\,652\,138 + 1{,}86x_1 + 1{,}79x_2 + 0{,}39x_3,$$

где $x_1$ – материальные затраты, в том числе расходы на природный уран; $x_2$ – амортизация; $x_3$ – прочие затраты. Проверка значимости модели и ее параметров показала их статистическую значимость. Надбавка АО «Концерн Росэнергоатом» составляет в среднем 17%. Полученные значения эластичности позволяют сделать вывод о том, что 1) рост материальных расходов, в том числе на ядерное топливо, и амортизации на 1% приведет к росту выручки на 0,39% и 0,14%, EBIT – на 0,59% и 0,21% соответственно; 2) увеличение прочих расходов, в том числе на отраслевые резервы, на 1% приведет к росту выручки на 0,11%, но снижению EBIT – на 0,56%.

Экономико-математическая модель производства ТЭС имеет вид

$$Y = 44\,963\,088 + 0{,}96x_1 + 2{,}32x_2 + 1{,}75x_3,$$

где $x_1$ – материальные затраты, в том числе расходы на органическое топливо; $x_2$ – амортизация; $x_3$ – прочие затраты. Проверка значимости модели и ее параметров показала их статистическую значимость. Надбавка предприятий, работающих на органическом топливе, составляет в среднем 5%. Полученные значения эластичности свидетельствуют о том, что 1) увеличение прочих расходов и на амортизацию на 1% приведет к росту выручки на 0,09% и 0,14%, EBIT – на 0,33 и 0,69% соответственно; 2) рост материальных расходов, в том числе на органическое топливо, на 1% приведет к росту выручки на 0,67%, снижению EBIT – на 0,25%.

**Таблица 1**

Исходные данные ТЭС, АЭС, ГЭС за 2009–2016 гг. (тыс. руб.), используемые при построении модели зависимости необходимой валовой выручки, EBIT от выбранных факторов производства

| Год | Материальные затраты | Расходы на оплату труда | Страховые взносы | Амортизация | Прочие расходы | Выручка |
|---|---|---|---|---|---|---|
| АЭС | | | | | | |
| 2009 | 40 861 427 | 16 030 801 | 2 816 544 | 10 911 630 | 25 811 866 | 184 232 795 |
| 2010 | 46 831 657 | 19 543 891 | 3 241 886 | 13 606 327 | 98 212 924 | 210 222 698 |
| 2011 | 55 787 657 | 22 196 517 | 4 536 327 | 20 147 654 | 89 904 533 | 201 405 029 |
| 2012 | 42 096 515 | 23 760 385 | 5 311 384 | 24 936 116 | 87 368 489 | 200 527 279 |
| 2013 | 44 146 248 | 23 854 821 | 5 806 994 | 30 660 948 | 110 040 973 | 232 856 681 |
| 2014 | 50 129 599 | 25 873 867 | 6 793 844 | 33 123 065 | 113 101 948 | 253 215 398 |
| 2015 | 56 129 781 | 26 454 160 | 7 300 658 | 38 352 906 | 113 278 736 | 263 756 643 |
| 2016 | 59 904 313 | 26 824 559 | 7 143 833 | 43 511 526 | 115 218 890 | 282 035 779 |
| ТЭС | | | | | | |
| 2009 | 397 241 813 | 39 331 098 | 7 461 092 | 30 755 751 | 55 006 555 | 590 675 934 |
| 2010 | 531 243 340 | 42 537 544 | 7 764 229 | 33 418 502 | 60 746 731 | 749 244 923 |
| 2011 | 571 857 534 | 46 967 898 | 10 997 789 | 42 026 436 | 68 714 957 | 829 744 076 |
| 2012 | 573 813 138 | 47 016 826 | 11 319 457 | 50 932 679 | 70 012 160 | 834 855 412 |
| 2013 | 593 090 705 | 48 261 274 | 11 874 565 | 55 301 964 | 69 845 127 | 873 750 495 |
| 2014 | 582 088 450 | 48 161 865 | 12 050 891 | 58 266 148 | 74 370 341 | 816 497 875 |
| 2015 | 613 700 962 | 56 309 632 | 14 801 119 | 64 905 825 | 85 283 487 | 934 404 115 |
| 2016 | 655 377 132 | 60 056 482 | 15 874 713 | 69 211 917 | 87 481 333 | 1 027 240 418 |
| ГЭС | | | | | | |
| 2009 | 11 602 728 | 3 450 957 | 505 956 | 8 104 269 | 13 040 582 | 78 995 831 |
| 2010 | 18 008 099 | 4 784 552 | 576 985 | 8 143 676 | 14 002 411 | 88 979 471 |
| 2011 | 12 958 778 | 6 108 574 | 847 338 | 9 068 128 | 15 032 848 | 92 504 314 |
| 2012 | 20 644 000 | 6 737 000 | 1 321 000 | 10 810 000 | 16 475 000 | 94 207 000 |
| 2013 | 21 166 000 | 6 915 000 | 1 442 000 | 11 853 000 | 17 497 000 | 108 794 000 |
| 2014 | 22 605 000 | 8 911 000 | 1 724 000 | 13 038 000 | 19 186 000 | 108 478 000 |
| 2015 | 19 056 000 | 8 217 000 | 1 896 000 | 14 257 000 | 20 543 000 | 107 099 000 |
| 2016 | 17 122 000 | 7 570 000 | 2 142 000 | 15 213 000 | 14 309 000 | 115 033 000 |

**Таблица 2**

Цены на основные переделы ЯТЦ (российские и мировые), долл. США/кг, долл. США/ЕРР

| Наименование | | Цена в России | Цена мирового рынка |
|---|---|---|---|
| Уран | | 40 | 44 |
| Конверсия | | 7–17 | 5 |
| Обогащение | | 24 | 43 |
| Изготовление топлива | Тепловые реакторы | 168–200 | 90–92 |
| | Быстрые реакторы | 2 000,00 | нет данных |
| Прямое захоронение ОЯТ | | | |
| Транспортировка и промежуточное хранение (ТиПрХ) | | 100 | 230 |
| Инкапсулирование и прямое захоронение (ИиПХ) | | 400 | 610 |
| Переработка ОЯТ | | | |
| Транспортировка и промежуточное хранение (ТиПрХ) | | 25–40 | 60 |
| Переработка ОЯТ (Пер.) | | 335–500 | 820 |
| Остекловывание и захоронение РАО (ОиЗ РАО) | | 40–60 | 100 |

Экономико-математическая модель производства ГЭС имеет вид

$$Y = 13\,415\,297 + 1{,}55x_1 + 4{,}57x_2 - 2{,}1x_3,$$

где $x_1$ – материальные затраты, в том числе расходы на органическое топливо; $x_2$ – амортизация; $x_3$ – прочие затраты. Проверка значимости модели и ее параметров показала их статистическую значимость. При этом ценовая надбавка составляет одно из наибольших значений – 47% в среднем за период наблюдения. Однако полученные результаты не учитывают сопутствующих расходов при строительстве ГЭС – отчуждение плодородных земель, нерест рыбы и т.п. Рассчитанные значения эластичности показывают, что 1) рост материальных расходов, в том числе на топливо, и расходов на амортизацию на 1% приведет к росту выручки на 0,28% и 0,52%, EBIT – на 0,21% и 0,88% соответственно; 2) снижение прочих расходов на 1% приведет к увеличению выручки на 0,35%, EBIT – на 1,13%. Расчет средней ошибки аппроксимации, проверка остатков на наличие автокорреляции и гетероскедастичности подтвердили статистическую значимость предложенных экономико-математических моделей зависимости выручки и EBIT от выбранных факторов производства.

Наиболее интересным результатом, с точки зрения авторов, является то, что полученные значения параметров моделей для различных типов энергоустановок весьма схожи как в абсолютном, так и в относительном (экономическом) смысле, что объясняется тем фактом, что все предприятия относятся к одному и тому же переделу топливно-энергетического комплекса (ТЭК) – производству электроэнергии.

Исходя из структуры себестоимости электроэнергии АЭС, ТЭС и ГЭС можно сделать вывод, что наибольшее внимание топливной составляющей себестоимости (ТСС) электроэнергии необходимо уделять при планировании производства на АЭС и ТЭС. И если на АЭС рост расходов на топливо приводит к росту выручки и прибыли, то увеличение расходов на органическое топливо на ТЭС снижает прибыль.

В данной работе наибольшее внимание уделяется ТСС электроэнергии, произведенной на АЭС, что обусловлено областью научных интересов авторов. Так, ТСС ядерных энергетических объектов включает расходы на переделы начальной и заключительной стадий ядерного топливного цикла (ЯТЦ): добычу урана, конверсию, обогащение, фабрикацию топлива и прямое захоронение или переработку ОЯТ и РАО. Детально рынки переделов ЯТЦ, включая анализ ключевых конкурентов, были рассмотрены авторами в [8] и не приводятся в данной работе. Однако информация по ценам начальной стадии ЯТЦ была уточнена в соответствии с данными [9] и представлена в табл. 2.

При этом следует иметь в виду, что в процессе переработки из ОЯТ извлекаются делящиеся изотопы урана и плутония, рецикл которых позволяет существенно снизить стоимость ТСС. Сравнение стоимости основных переделов ЯТЦ, представленное в [8, с. 594] и данной работе, позволяет сделать вывод о существенном падении цен на природный уран, при относительно постоянном уровне других компонентов ТСС. Авторами проведен расчет ТСС по российским и мировым ценам с учетом различных стратегий обращения с ОЯТ и РАО

с использованием данных табл. 2 по методике [8, с. 594–596].

Результаты расчета сгруппированы в табл. 3 для наиболее распространенного типа реактора ВВЭР-1000 (зарубежный аналог – PWR), с начальными условиями: начальное обогащение для ежегодных перегрузок – 4,85 %, содержание $^{235}U$ в отвале – 0,2 % (принятое авторами допущение), удельная энерговыработка – 50 000 $\frac{\text{МВт×сут}}{\text{т}}$, КИУМ – 0,8, $x^{236}$ – 0,73 %, коэффициент накопления плутония – 0,2, коэффициент воспроизводства – 0,6. Последние две характеристики приняты для расчета концентраций $^{235}U$ и $^{239,241}Pu$ в ОЯТ, которые составили 10,32 $\frac{\text{кг}}{\text{т}}$ и 7,39 $\frac{\text{кг}}{\text{т}}$ соответственно. Ежегодная загрузка реактора ($G_x$) в равновесном топливном цикле составляет 17,69 тонн обогащенного урана, масса рециклированного урана ($G_x^{\text{рецикл.}}$) составляет 15,82 тонн, масса компенсационного урана ($G_x^{\text{комп.}}$) – 1,87 тонн, удельная работа разделения составляет 8,501 $\text{ЕРР}/_{\text{кг}}$, удельная работа разделения с учетом рецикла составляет 6,105 $\text{ЕРР}/_{\text{кг}}$, концентрация делящихся изотопов урана в ОЯТ – 1,03205 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что при снижении мировых цен на переделы начальной стадии ЯТЦ снижаются конкурентные преимущества российских ядерных технологий за рубежом.

На рисунке графически представлены результаты расчета ТСС по российским и мировым ценам с переработкой или прямым захоронением ОЯТ, с рециклом или без рецикла.

Таким образом, можно сформулировать следующие выводы:

1. Исходя из структуры расходов ТЭС, ГЭС и АЭС, наибольший экономический эффект в виде роста прибыли дает управление:

а) материальными (рост) и прочими (снижение) расходами на АЭС;

б) материальными (снижение) расходами и на амортизацию (рост) на ТЭС;

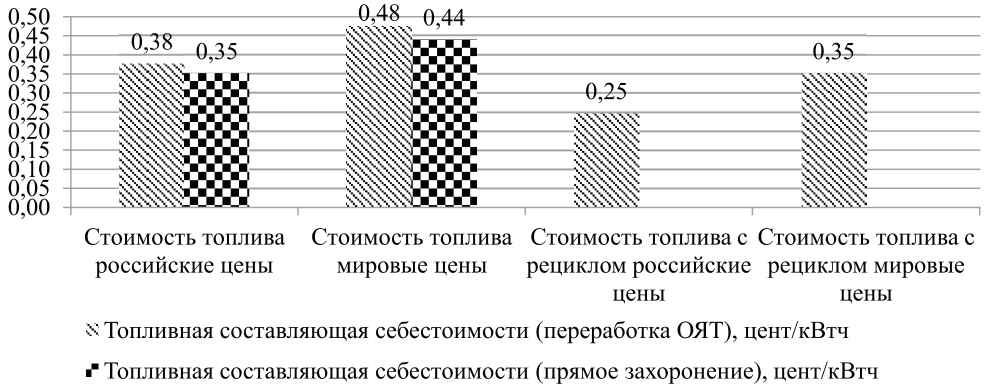
в) расходами на амортизацию (рост) и прочими (снижение) расходами на ГЭС.

2. Следует отметить, что первоначально включенные в модель расходы на заработную плату и страховые взносы на основании расчетов были из нее исключены, что позволяет сделать вывод о том, что их снижение не оказывает ожидаемого эффекта на выручку предприятий.

**Таблица 3**

Сравнительный анализ ТСС электроэнергии с учетом стратегии обращения ОЯТ с рециклом и без рецикла по российским и мировым ценам на переделы ЯТЦ

| Наименование | Стоимость топлива (рос. цены), долл. США | Стоимость топлива (мировые цены), долл. США | Стоимость топлива с рециклом (рос. цены), долл. США | Стоимость топлива с рециклом (мировые цены), долл. США |
|---|---|---|---|---|
| Уран | 6 441 558,44 | 7 085 714,29 | 682 176,15 | 750 393,77 |
| Конверсия | 2 737 662,34 | 805 194,81 | 289 924,86 | 85 272,02 |
| Обогащение | 3 610 606,55 | 6 469 003,39 | 2 700 731,16 | 4 838 809,99 |
| Изготовление топлива | 2 973 090,91 | 1 592 727,27 | 2 973 090,91 | 1 592 727,27 |
| Итого (по начальной стадии ЯТЦ): | 15 762 918,23 | 15 952 639,76 | 6 645 923,08 | 7 267 203,05 |
| Прямое захоронение ОЯТ | | | | |
| Транспортировка и промежуточное хранение | 1 769 696,97 | 4 070 303,03 | – | – |
| Инкапсулирование и прямое захоронение | 7 078 787,88 | 10 795 151,52 | – | – |
| Итого (с прямым захоронением): | 24 611 403,08 | 30 818 094,30 | – | – |
| Переработка отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) | | | | |
| Транспортировка и промежуточное хранение | 707 878,79 | 1 061 818,18 | 707 878,79 | 1 061 818,18 |
| Переработка ОЯТ | 8 848 484,85 | 14 511 515,15 | 8 848 484,85 | 14 511 515,15 |
| Остекловывание и захоронение РАО | 1 061 818,18 | 1 769 696,97 | 1 061 818,18 | 1 769 696,97 |
| Итого (с переработкой ОЯТ): | 26 381 100,05 | 33 295 670,06 | 17 264 104,90 | 24 610 233,35 |
| ТСС (прямое захоронение) | 0,351190 | 0,439756 | – | – |
| ТСС (переработка ОЯТ) | 0,376443 | 0,475109 | 0,246349 | 0,351173 |




*Сравнение топливной составляющей себестоимости электроэнергии, произведенной на АЭС с учетом принятых стратегий обращения с ОЯТ и РАО*

3. ТСС 1 кВт×ч ниже при переработке ОЯТ с последующим рециклом извлекаемых материалов на 34,56 % (по российским ценам) и на 26,09 % против 29,19 % [8] (по мировым ценам), чем без рецикла.

4. ТСС 1 кВт×ч ниже при прямом захоронении ОЯТ на 6,71 % (по российским ценам) и на 7,44 % против 6,93 % [8] (по мировым ценам), чем в случае с переработкой ОЯТ без рецикла.

5. ТСС 1 кВт×ч по российским ценам ниже, чем по мировым:

а) на 20,14 % в случае прямого захоронения ОЯТ против 25,93 % [8];

б) на 20,77 % в случае переработки ОЯТ без рецикла против 26,11 % [8];

в) на 29,85 % в случае переработки ОЯТ с рециклом против 37,72 % [8].

При снижении мировых цен на переделы начальной стадии ЯТЦ нивелируются преимущества российских ядерных технологий, которые остаются с незначительным снижением в случае выбора страной стратегии переработки ОЯТ. Однако уменьшается экономическая целесообразность рециклирования урана, обусловленная низкой стоимостью природного урана и достаточной его ресурсной базой, оставляя при этом открытой экологическую, экономическую и политическую проблему захоронения ОЯТ и РАО в геологических формациях.

Полученные результаты могут быть использованы при планировании производства на ТЭС, АЭС и ГЭС, в целях снижения себестоимости производства электроэнергии, снижения LCOE и повышения конкурентоспособности энергетических установок российского дизайна за рубежом, а также при выборе стратегии обращения с ОЯТ и РАО.

## Список литературы

1. Министерство энергетики Российской Федерации. Основные характеристики российской электроэнергетики [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://minenergo.gov.ru/node/532 (дата обращения: 14.08.2017).

2. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2017 г. № 1209-р «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/law/hotdocs/49932.html (дата обращения: 14.08.2017).

3. Коммерсант.ru. К 2020 году господдержка строительства АЭС исчезнет совсем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.kommersant.ru/doc/3181691 дата обращения 24.08.2017).

4. Черняховская Ю.В. Эволюция подходов к оценке стоимости электроэнергии. Анализ зарубежного опыта // Вестник ИГЭУ. – 2016. – № 4. – С. 56–68.

5. Mari C. The costs of generating electricity and the competitiveness of nuclear power // Progress in Nuclear Energy. – 2014. – vol. 73. – P. 153–161. https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2014.02.005.

6. Levelized cost of electricity renewable energy technologies [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_technologies.pdf (дата обращения: 17.07.2017).

7. MIT. Advanced Reactor Cost Workshop [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://energy.mit.edu/2017-canes-future-of-nuclear-energy-in-a-carbon-constrained-world-2/ (дата обращения: 17.07.2017).

8. Осецкая М.М., Украинцев В.Ф., Галковская В.Е. Управление топливной составляющей (начальной и заключительной стадий ЯТЦ) себестоимости электроэнергии при формировании производственной программы на АЭС России // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 4 (ч. 2). – С. 590–599.

9. Ux Consulting Company, LLC. Data Services [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.uxc.com/p/prices/UxCPrices.aspx (дата обращения 17.04.2017).

УДК 332.145

# МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ УМНОГО ГОРОДА

**Саак А.Э., Тюшняков В.Н., Пахомов Е.В.**

*Южный федеральный университет, Таганрог, e-mail: gimutvn@gmail.com*

Концепция умного города, появилась в ответ на глобальный тренд современности – урбанизацию, когда по прогнозам ООН численность городского населения, составляющая уже больше половины всех жителей планеты, будет неуклонно возрастать. Решения Smart City основаны на использовании цифровых информационно-комуникационных технологий для повышения качества управления городом. В статье рассмотрены трехуровневые модели Совета по умным городам, Всемирного банка, фирм PwC и IDC, а также четырехуровневые модели технологической компании Cisco и Межамериканского банка развития. Среди основных этапов обработки информации выделяют следующие. Сбор данных из различных источников, включая умные датчики, видеокамеры, мобильные устройства и социальные сети, ГИС-системы. Передача собранных данных по проводным и беспроводным сетям связи. Обработка и анализ полученных данных для прояснения текущей ситуации, прогноза, выработки управленческих решений и воздействий с целью повышения качества жизни и обеспечения устойчивого развития. Предоставление информации гражданам, бизнесу, органам власти с использованием веб-порталов, онлайн-сервисов, мобильных приложений. Анализ существующих моделей умного города будет способствовать успешной реализации инициативы «50 умных городов России».

**Ключевые слова: умный город, цифровая экономика, информационно-комуникационные технологии, уровневая модель умного города, большие данные, открытые данные, центр управления городом**

# INFORMATION AND TECHNOLOGICAL STRUCTURE MODELS OF SMART CITY

**Saak A.E., Tyushnyakov V.N., Pakhomov E.V.**

*Southern Federal University, Taganrog, e-mail: gimutvn@gmail.com*

The smart city concept appears as a response on the contemporary global trend of urbanization, when urban population size, which now exceeds half of the planet's population, will continue to grow steadily in accordance with UNO's prediction. Smart City solutions take as a base the use of digital Information and Communication Technology for city administration enhancement. This article explores three-level models of Smart Cities Council, the World Bank, PwC and IDC companies as well as four-level models of Cisco Systems Company and The Inter-American Development Bank. The basic stages of information processing are the following. Data collection from various sources including smart detection devices, video cameras, mobile devices and social networks, GIS applications. The aggregated data transfer through wired and wireless telecommunication networks. Processing and analyzing of received data for current situation clarification and prediction, management decision and influence making with the purpose of people life quality improving and to provide sustainable development. To provide information to citizens, business, authorities and administrative bodies by use of web portals, online services and mobile applications. The analysis of up-to-date smart city models will promote a successful realization of the initiative «50 Russian Smart Cities».

**Keywords: smart city, digital economics, information and communication technology, level-based model of smart city, big data, open data, city control center**

В послании к Федеральному Собранию в декабре 2016 г. Президент РФ предложил «запустить масштабную программу развития экономики нового технологического направления, так называемой цифровой экономики» [1, 2]. В программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р, уделяется внимание созданию «умных городов» [3].

Цифровая экономика является следствием цифровой революции, происходящей в обществе. Движущими силами цифровой революции выступают такие цифровые технологии, как социальные сети, мобильность, большие данные и аналитика, облачные сервисы и интернет вещей, образующие третью технологическую платформу. Эти прорывные технологии цифровой революции города пытаются использовать для решения таких проблем, как дорожные пробки, уличное освещение, водоснабжение, энергоснабжение, управление бытовыми отходами, и других вызовов урбанизации.

В результате цифровой революции и урбанизации происходит формирование концепции умного города как города, использующего цифровые информационно-коммуникационные технологии для улучшения качества жизни и процессов функционирования городской инфраструктуры.

Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» определяет цифровую технологию «интернет вещей» как «концепцию вычислительной сети, соединяющей вещи (физические предметы), оснащенные

встроенными информационными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой без участия человека». В определении цифровой технологии «большие данные и аналитика» указывается, что это «совокупность подходов, инструментов и методов автоматической обработки структурированной и неструктурированной информации, поступающей из большого количества различных, в том числе разрозненных или слабосвязанных, источников информации, в объемах, которые невозможно обработать вручную за разумное время».

Несмотря на наличие большого количества определений «умного города» (так, только в докладе Международного союза электросвязи (Женева, 2016) приведено 116 определений), «концептуальная неопределенность умных городов не тормозит их развития» [4].

Организация Объединенных Наций определяет умный город как «инновационный город, использующий информационно-коммуникационные технологии и другие средства для повышения уровня жизни, эффективности деятельности и услуг в городах, а также конкурентоспособности при обеспечении удовлетворения потребностей настоящего и будущих поколений в экономических, социальных, культурных и природоохранных аспектах» [5].

В определении Smart Cities Counsil (Совет по умным городам, США) говорится, что «умный город использует ИКТ для улучшений в области качества жизни, условий работы и устойчивого развития. Это достигается через использование технологий в трех областях: сбор информации; коммуникации; обработка информации» [6].

Таким образом, в модели Smart Cities Counsil информационно-технологическая структура умного города представляется тремя уровнями (рис. 1).

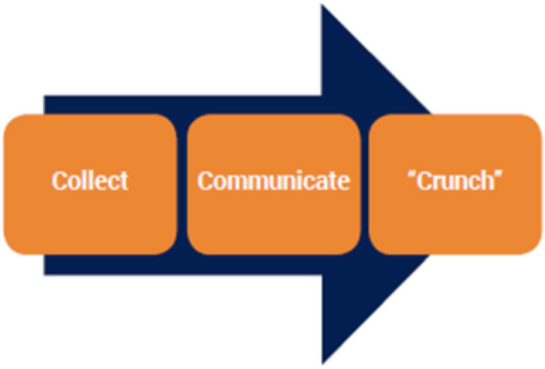



*Рис. 1. Модель «3 С» умного города Smart Cities Counsil [6]*

Подобную трех уровневую модель используют всемирный банк World Bank в своем докладе World Development Report 2016 [7] и банк Merrill Lynch в своем руководстве Thematic Investing march 2017 [8] (рис. 2).

В приведенных рисунках на стадии «Collect» (модель Smart Cities Counsil), «Instrumentation» (модели World Bank, Merrill Lynch Bank) производится сбор данных о городе. Например, с помощью сенсоров (дорожное движение, водо-, газо-, электроснабжение ), мобильных устройств населения (социальные сети).

На стадии «Communicate» (модель Smart Cities Counsil), «Integration» (модели World Bank, Merrill Lynch Bank) собранные данные передаются по сетям связи.

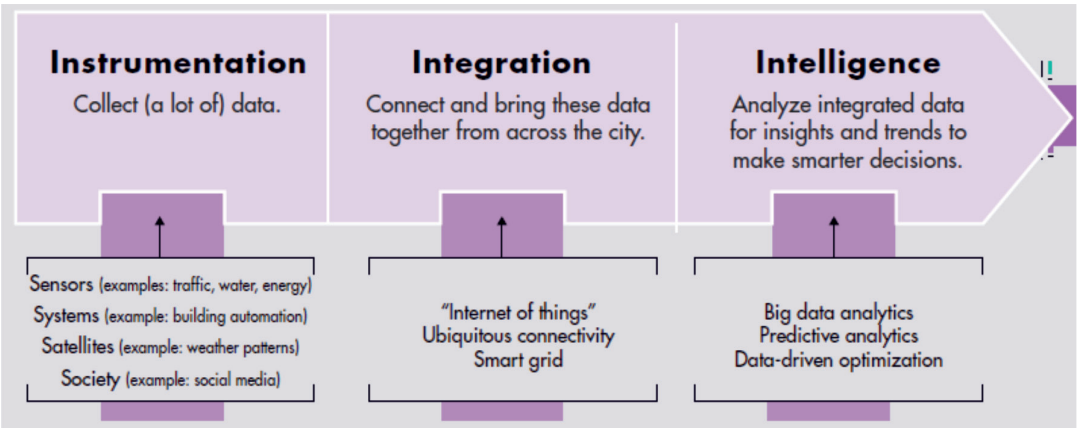



*Рис. 2. Модель «3 I» умного города World Bank, Merrill Lynch Bank [7, 8]*

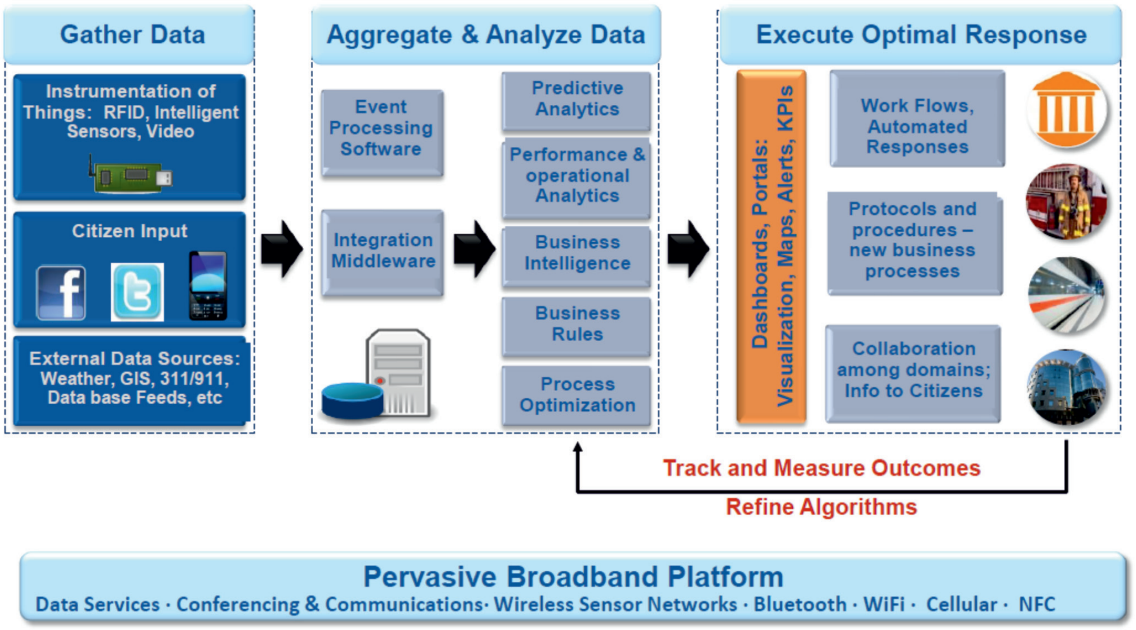



*Рис. 3. Модель умного города IDC [10]*

На стадии «Crunch» (модель Smart Cities Counsil), «Intelligence» (модели World Bank, Merrill Lynch Bank) осуществляется интеллектуальный анализ полученных данных для оценки текущей ситуации, прогнозирования и принятия управленческих решений [9].

В модели International Data Corporation (IDC) (рис. 3) также можно выделить три стадии [10].

На стадии «Gather Data» в реальном режиме времени осуществляется сбор данных из различных источников (умные датчики, видеокамеры, мобильные устройства и социальные сети, ГИС-системы).

На стадии «Aggregate & Analyze Data» с помощью информационных систем и сервисов обработки событий, агрегирования и анализа данных осуществляется предсказательная аналитика, бизнес-аналитика, оптимизация процессов.

На стадии «Execute Optimal Response» используются различные аналитические панели, порталы, карты, индикаторы для отображения информации в интегрированном виде. В модели IDC эффективное использование ресурсов, повышение качества жизни реализуется посредством обратной связи. Все названные стадии модели IDC объединяет всеобъемлющая широкополосная сеть передачи данных.

В модели PricewaterhouseCoopers (PwC), представленной на рис. 4, выделяют три уровня технологической инфраструктуры умного города: уровень источников данных; уровень обработки, хранения и анализа данных; уровень использования результатов [11].

*Рис. 4. Модель умного города PwC [11]*

Первый уровень включает технологии и решения, позволяющие собирать и передавать данные о городской среде для их дальнейшей обработки и анализа. Источниками данных могут быть сенсоры температуры и чистоты воздуха, видеокамеры, считывающие устройства в общественном транспорте, мобильные телефоны граждан, реестры обращений граждан в государственные учреждения [12].

Вторым уровнем является инструментарий для хранения, анализа и обработки данных о городе. Инструментарий технологий больших данных позволяет строить прогнозы и определять взаимосвязь между различными потоками информации.

Третий уровень служит для обмена данными и для принятия управленческих решений на их основе. На этом уровне находятся платформы с открытыми данными, инструменты для визуализации данных (дэшборды) и учета ключевых показателей эффективности (КПЭ), автоматизированные системы реагирования на те или иные события городской среды.

Перейдем к рассмотрению четырехуровневых моделей умного города. Модель глобальной консалтинговой фирмы KPMG содержит следующие уровни:

Первый уровень «Захват данных». Умные устройства позволяют собирать данные в режиме реального времени (датчики вдоль дорог собирают информацию о заторах движения и дорожных условиях; интеллектуальные счетчики в домах и офисах динамически отслеживают потребление электроэнергии). Новые технологические достижения и снижение стоимости умных устройств позволяют установить миллионы устройств в городах и создать технологическую основу умного города.

Второй уровень «Коммуникация». Данные поступающие от умных устройств необходимо передавать между серверами и центрами управления. В инфраструктуре умного города коммуникационный уровень соединяет различные устройства, обеспечивая при этом совместимость, целостность, масштабируемость и конфиденциальность. Интегрированная коммуникационная стратегия включает поставщиков инфраструктуры связи, услуг и городские органы власти.

Третий уровень «Анализ». Поступающие в центр управления данные анализируются с применением современных алгоритмов и вычислительных мощностей. Например, данные с датчиков трафика могут указывать на пробки на определенных участках дороги. Как результат, могут быть предложены альтернативные маршруты.

Четвертый уровень «Действие». Результаты третьего уровня служат основой для принятия управленческих решений. Например, всеобъемлющая электронная база данных медицинских карт пациентов больниц может быть использована для принятия стратегических решений в области здравоохранения.

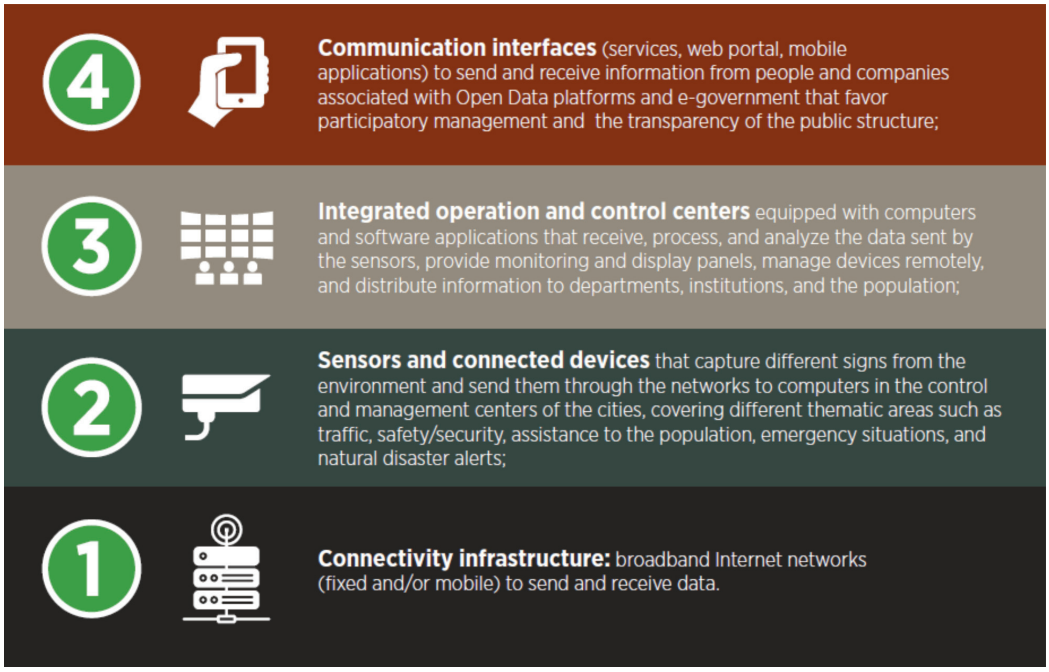



*Рис. 5. Модель умного города IADB [14]*

В четырехуровневой модели умного города технологической компании Cisco [13] к первому уровню относят сетевые устройства, способствующие интеграции контекстно-зависимых сенсорных датчиков и устройств, что в конечном итоге позволяет повысить устойчивость процессов управления городской средой. На втором уровне рассматривается распределенная система сбора, обработки и хранения данных о городской среде. Третий уровень – система централизованного сбора данных, реализующая вычисления и аналитику, в сочетании со встроенными и открытыми стандартами прикладного программирования. Четвертый уровень модели Cisco объединяет новые инновационные приложения и сервисы как для граждан, так и для органов власти и управления.

Inter-American Development Bank (IADB) в своем докладе приводит четырехуровневую модель умного города (рис. 5) [14].

Уровень «Connectivity infrastructure» (инфраструктура соединений) объединяет сети широкополосного интернета для отправки и получения данных.

На уровне «Sensors and connected devices» (сенсоры и связанные устройства) фиксируются различные сигналы городской среды, производится передача данных (о ситуации на дорогах, безопасности, помощи населению, чрезвычайных ситуациях, предупреждениях о стихийных бедствиях) в центры контроля и управления.

На уровне «Integrated operation and control centers» (интегрированные центры управления и контроля) осуществляется обработка и анализ данных, собранных на предыдущем уровне модели, производится дистанционное управление устройствами, распределение информации между ведомствами, учреждениями и населением.

Уровень «Communication interfaces» (интерфейсы связи) представлен веб-порталами, онлайн-сервисами, мобильными приложениями, используемыми для обмена информацией между гражданами, бизнесом и органами власти.

В статье рассмотрены модели информационно-технологической структуры умного города. Особое внимание уделено трех- и четырехуровневым моделям умного города. Анализ существующих моделей умного города будет способствовать успешной реализации инициативы «50 умных городов России» [15].

**Список литературы**

1. Послание Президента России от 01 декабря 2016 г. «Послание Президента Федеральному Собранию». (2016). URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71452000/#review.

2. Саак А.Э., Тюшняков В.Н., Пахомов Е.В. Цифровая экономика как новое направление междисциплинарных исследований. Междисциплинарность в современном социально-гуманитарном знании – 2017. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2017. – Ч. 2. – С. 305–316.

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р «Цифровая экономика Российской Федерации». – URL: http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf.

4. Trends in Smart City Development. National League Of Cities. – URL: http://www.nlc.org/sites/default/TrendsinSmartCity.pdf.

5. Показатели «умных» устойчивых городов. – URL: http://www.unece.org/fileadmin/ DAM/hlm/documents/2015/ECE_HBP_2015_4.ru.pdf.

6. Smart Sities readiness guide. (2014). – URL: http://kenosha.uwex.edu/files/2013/11/ SmartCitiesCouncil-READINESSGUIDEV1.5-7.17.14.pdf.

7. World Development Report 2016. – URL: http://documents.worldbank.org/ curated/en/ 102725-PUB-Replacement-PUBLIC.pdf.

8. Thematic Investing march 2017. – URL: http://www.urenio.org/2017/03/22/.

9. Тюшняков В.Н. Повышение качества управленческих решений в системе органов власти и управления на основе применения информационно-коммуникационных технологий // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2007. – № 2 (74). – С. 158–163.

10. Smart Cities: Emerging Technologies and Innovations in Local Government. – URL: https://www.idc.com.cn/uploadpic/ThomandRuthbea_SmartCity_0326.pdf.

11. Города, управляемые данными. – URL: http://www.pwc.ru/ru/ddc_rus.pdf.

12. Саак А.Э., Пахомов Е.В., Тюшняков В.Н. Информационные технологии управления. Учебник для вузов. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 320 с.

13. Smart Cities and the Internet of Everything: The Foundation for Delivering Next-Generation Citizen Services. – URL: https://www.cisco.com/web/offer/grs/167314/ ioe_citizen_svcs_white_paper_idc_2013.pdf.

14. The Road toward Smart Cities. Inter-American Development Bank. – URL: https://publications.org/bitstream/The-Road-to-SCities.pdf.

15. Проект программы «Цифровая экономика РФ» (2017). – URL: http://d-russia.ru/wp-content/uploads/2017/05/programmaCE.pdf.

УДК 331.101.3

# ОЦЕНКА МОТИВОВ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И УСЛОВИЙ ТРУДА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

**Сапегина С.Г., Куклинов М.Л.**

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, e-mail: mkuklinov@mail.ru*

Проводимая в настоящее время реформа в сфере высшего образования, вызванная возросшими требованиями к узкой специализации выпускников высших учебных заведений, требует пересмотра как научной, так и учебной деятельности научно-педагогических работников. Учебный процесс, осуществляемый в вузах, все больше направлен на конкретное и практическое применение приобретаемых студентами знаний. В этой связи меняются требования к преподавателям высшей школы, а также меняется их мотивация к профессиональной деятельности. Поэтому анализ мотивации научно-педагогических работников вузов г. Екатеринбурга представляет научный и практический интерес. В настоящей работе представлены результаты социологического опроса преподавателей пяти вузов г. Екатеринбурга. В ходе исследования были выявлены как достоинства, так и недостатки в организации условий труда педагогических работников. Авторами предложены пути устранения выявленных пробелов в организации условий труда и меры улучшения системы мотивации с целью повышения производительности труда, качества высшего образования в целом.

**Ключевые слова: качество образования, высшая школа, научно-педагогические работники, мотивация, условия труда**

# THE MOTIVES' ASSESSMENT OF THE LABOR ACTIVITY AND WORKING CONDITIONS OF THE HIGHER SCHOOL TEACHERS IN EKATERINBURG

**Sapegina S.G., Kuklinov M.L.**

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Ural State Forest Engineering University», Ekaterinburg, e-mail: mkuklinov@mail.ru*

The ongoing higher education reform is caused by the increased requirements for narrow specialization of the graduates of higher educational institutions. So, it requires a revision of both the scientific and educational activities of teaching and research staff. The educational process carried out in universities is increasingly directed at specific and practical using of the knowledges acquired by students. In this regard, the requirements for higher education teachers are changing, and their motivation for professional activities is also changing. Therefore, analysis of the universities' staff motivation in Yekaterinburg represents scientific and practical interest. This paper presents the results of a sociological review of the teachers of five universities in Yekaterinburg. During investigation, both the advantages and disadvantages in organization of the teachers' labor conditions. The authors proposed ways to eliminate the identified gaps of the conditions and measures to improve the motivation system in order to increase the labor productivity, the quality of higher education in general.

**Keywords: quality of education, higher school, teaching and research staff, motivation, labor conditions**

В отечественной психологии мотивация представлена как многоуровневый регулятор поведения и деятельности человека. По мнению большинства исследователей, мотивация – это динамический процесс, управляющий человеческим поведением и определяющий его активность и направленность действий. Поэтому актуальность проблемы совершенствования системы мотивации научно-педагогических работников (НПР) не вызывает сомнения, так как от них зависит как востребованность выпускников высших учебных заведений и качество высшего образования, так и успех реформ, проводимых в сфере образования.

По мнению доцента Белгородского государственного национального исследовательского университета В.Н. Чурсиной, исследующей вопросы мотивации и качества работы преподавателя вуза, намного уменьшилось количество сотрудников, отмечающих, что в вузах созданы хорошие условия для профессиональной реализации и плодотворной работы. При этом многие преподаватели считают, что возросла эмоциональная и психическая нагрузка [1], значительно ухудшился психологический климат, ухудшились отношения с коллегами и руководством, которые не всегда можно назвать благоприятными [2, 3].

Наиболее актуальной проблемой, выявленной во многих работах, в которых представлены результаты исследований системы мотивации, является зависимость уровня мотивации НПР и качества образовательного процесса. При решении проблем, связанных с условиями работы, образовательным процессом, графиком работы и т.д., станет возможным привлечение компетентных сотрудников в высшие учебные

заведения, решение проблем финансирования, возможна разработка передовых образовательных технологий, инновационных программ обучения.

Совершенствование системы мотивации НПР играет определяющую роль в становлении качественного высшего образования ещё и потому, что престиж и статус вуза, а также его конкурентоспособность на рынке образовательных услуг во многом зависят от компетенций выпускников. По нашему мнению, компетентность студентов является основным показателем качества высшего образования, полученного в университете. По мнению профессора Исследовательского центра проблем качества подготовки специалистов Минобрнауки России И.А. Зимней, исследовавшей вопросы ориентации российской системы образования на общекультурное развитие обучающихся, компетентность – это социально-профессиональное качество индивида, которое позволяет ему решать вопросы социального и профессионального характера [4]. Именно компетенции, которые приобретаются студентами во время образовательного процесса, определяют востребованность выпускников на рынке и качество их образования. Основную роль в формировании этих компетенций играют именно преподаватели высшей школы.

Таким образом, к педагогическим работникам предъявляется целый комплекс требований, необходимых для осуществления педагогической деятельности с целью подготовки компетентных специалистов.

Учитывая тот факт, что современная система образования предъявляет всё более новые требования к педагогическим работникам, а размер заработной платы в вузах порой не всегда согласуется с интеллектуальной и трудовой нагрузкой работника сферы образования, не приходится ожидать энтузиазма и от молодых преподавателей, видящих результаты трудовой деятельности старшего поколения.

Поскольку административно-управленческий состав вуза заинтересован в повышении престижности своего образовательного учреждения, привлечении инвестиций и большего количества обучающихся, то встаёт вопрос о необходимости повышения уровня профессионализма НПР и совершенствования управленческих механизмов мотивации.

В этой связи был проведен социологический опрос среди НПР пяти высших учебных заведений г. Екатеринбурга, а именно: Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ), Уральского государственного экономического университета (УрГЭУ), Российского государственного профессионально-педагогического университета (РГППУ), Уральского государственного педагогического университета (УрГПУ) и Уральского федерального университета (УрФУ), с целью изучения и анализа мотивов трудовой деятельности, определения возможных путей совершенствования системы мотивации и условий труда, а также оценки удовлетворённости трудом преподавателей высшей школы. В ходе исследования было опрошено 380 педагогических работников высшей школы. Для простоты расчётов и удобства приведения числовых значений в наглядный вид были проанализированы ответы 50-ти респондентов от каждого вуза, отобранных случайным образом.

На начальном этапе исследования была составлена кадровая характеристика вузов: по стажу работы, по имеющейся степени и занимаемой должности.

Основная доля в группе педагогических работников пяти вузов приходится на людей в возрасте 30–40 лет, чей педагогический стаж работы составляет 11–20 лет, что свидетельствует о довольно качественных трудовых ресурсах (табл. 1). При этом наибольшую долю среди опрошенных по всем пяти вузам составили доценты: более 44 % (табл. 2). В отношении остепенённости преподавателей большую долю во всех вузах занимают работники со степенью кандидата наук: более половины опрошенных (табл. 3).

**Таблица 1**

Кадровая характеристика вузов в зависимости от стажа работы преподавателей

| | % респондентов с соответствующим стажем работы | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | УГЛТУ | УрГЭУ | РГППУ | УрГПУ | УрФУ |
| 1–10 лет | 28 | 14 | 34 | 20 | 24 |
| 11–-20 лет | 34 | 30 | 34 | 34 | 36 |
| 21–30 лет | 20 | 36 | 12 | 24 | 14 |
| >31 лет | 18 | 20 | 20 | 22 | 26 |

**Таблица 2**

Кадровая характеристика вузов в зависимости от должности преподавателей

| | % респондентов соответствующей должности | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | УГЛТУ | УрГЭУ | РГППУ | УрГПУ | УрФУ |
| ассистент | 4 | – | 12 | 6 | 16 |
| преподаватель | – | – | 4 | 2 | 4 |
| старший преподаватель | 20 | 16 | 14 | 16 | 8 |
| доцент | 48 | 64 | 44 | 60 | 54 |
| профессор | 20 | 10 | 22 | 6 | 10 |
| заведующий кафедрой | 8 | 10 | 4 | 10 | 8 |

**Таблица 3**

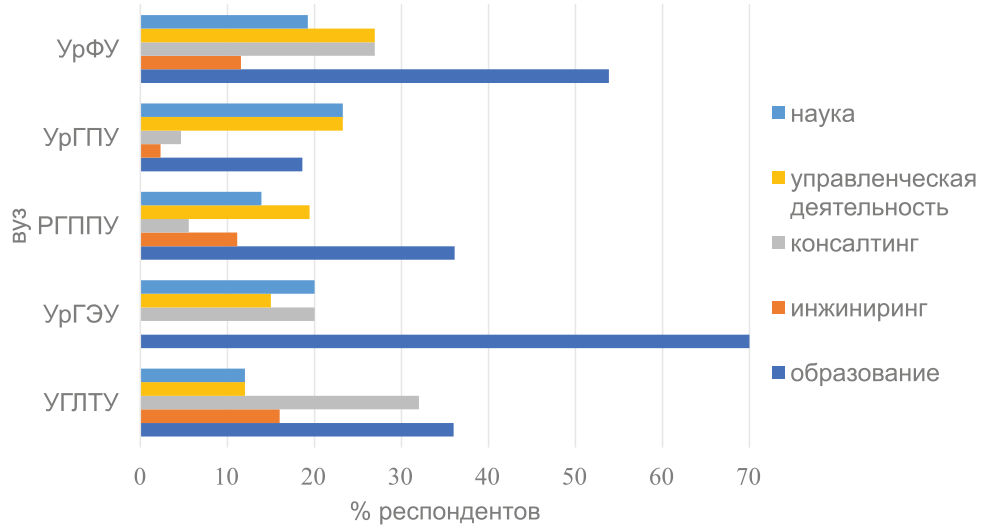
Кадровая характеристика вузов в зависимости от остепенённости преподавателей

| | % респондентов с соответствующей степенью | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | УГЛТУ | УрГЭУ | РГППУ | УрГПУ | УрФУ |
| степени нет | 22 | 18 | 24 | 20 | 26 |
| кандидат наук | 60 | 70 | 58 | 68 | 60 |
| доктор наук | 18 | 12 | 18 | 12 | 14 |

**Таблица 4**

Положительная мотивационная картина преподавателей высшей школы

| № п/п | | % респондентов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | УГЛТУ | УрГЭУ | РГППУ | УрГПУ | УрФУ |
| 1 | планирующих подготовить: | | | | | |
| | – магистерскую диссертацию | 6 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| | – кандидатскую диссертацию | 16 | 8 | 22 | 10 | 18 |
| | – докторскую диссертацию | 42 | 60 | 52 | 54 | 48 |
| | – Ph.D | 6 | – | 4 | 14 | 6 |
| | без ответа | 30 | 30 | 20 | 18 | 24 |
| 2 | планирующих принять участие в стажировке: | | | | | |
| | – по совместной программе российских вузов | 4 | 30 | 20 | 14 | 26 |
| | – по совместной программе зарубежных и российских вузов | 28 | 56 | 70 | 70 | 60 |
| | – внутри вуза | 68 | 14 | 10 | 16 | 14 |
| 3 | готовых принять участие в программе повышения квалификации | 92 | 96 | 90 | 82 | 96 |
| | не готовых принять участие | 8 | 4 | 10 | 18 | 4 |
| 4 | заинтересованных в повышении уровня владения иностранным языком: | | | | | |
| | – за счёт собственных средств | 12 | 34 | 18 | 14 | 20 |
| | – за счёт средств организации | 56 | 54 | 74 | 76 | 70 |
| | не заинтересованных в этом | 32 | 12 | 8 | 10 | 10 |
| 5 | готовых принять участие в подготовке заявок на гранты в РФФИ, РГНФ и т.д.: | | | | | |
| | – если будет учитываться при распределении надбавок | 30 | 30 | 34 | 22 | 38 |
| | – если будет являться обязательным квалификационным требованием для занятия должности | 24 | 10 | 4 | 14 | 12 |
| | – при любых условиях | 30 | 48 | 50 | 56 | 34 |
| | не готовых принять участие | 16 | 12 | 12 | 8 | 16 |
| 6 | заинтересованных в повышении индекса цитируемости/Хирша | 82 | 68 | 64 | 70 | 62 |
| 7 | выполняющих помимо основной работы преподавателем вуза дополнительную работу | 68 | 70 | 72 | 70 | 60 |




*Наиболее популярные сферы дополнительной деятельности респондентов*

**Таблица 5**

Негативная мотивационная картина преподавателей высшей школы

| № п/п | | % респондентов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | УГЛТУ | УрГЭУ | РГППУ | УрГПУ | УрФУ |
| 1 | не удовлетворены размером заработной платы | 56 | 68 | 68 | 58 | 66 |
| 2 | не удовлетворены оснащённостью рабочего места | 42 | 42 | 34 | 40 | 50 |

Ранее отмечалось, что среди остепенённых преподавателей большую долю занимают кандидаты наук, но, как показывают данные опроса (табл. 4), останавливаться на достигнутом они не планируют: большинство респондентов во всех вузах планируют подготовить докторские диссертации. Это подтверждает их стремление повышать качество трудовых ресурсов университета и продолжать научную и/или педагогическую деятельность. В табл. 4 представлены результаты опроса, отражающие положительную мотивацию НПР.

Занимая конкурентоспособные рабочие места в вузе, большинство респондентов стремится повышать уровень владения иностранным языком, а также индекс цитируемости. Более 60% респондентов каждого вуза имеет дополнительную работу. Так, среди различных сфер деятельности респондентами, осуществляющими помимо основной работы в качестве преподавателя высшей школы дополнительную (по совместительству) работу, были отмечены наиболее популярные, представленные на рисунке.

Данные рисунка показывают, что наиболее популярными сферами являются образование, консалтинг, научная сфера, сфера управления и инжиниринг. Среди них наибольший процент характерен для сферы образования, за исключением одного вуза. По мнению авторов, в сфере образования респонденты видят не только источник дополнительного дохода, но и возможность заниматься любимым делом, возможность самореализоваться, быть признанным среди коллег и т.д. Потребность респондентов в том, чтобы найти себя в другом месте, реализовать себя, сменить трудовой коллектив, найти дополнительный источник дохода или просто что-то изменить в своей жизни, вызвана многими факторами. К таким факторам можно отнести характер отношений с коллегами по работе, репутацию вуза, а также условия труда в вузе.

Так, в каждом вузе для более чем 94% респондентов важен характер отношений с коллегами, а репутация вуза важна лишь для 60–68% респондентов. Однако в отношении условий труда (заработной платы, оснащённости рабочего места) картина не столь позитивная. Данные табл. 5 показывают, что более половины опрошенных всё же не довольны размером заработной платы, а более 34% не довольны оснащённостью своего рабочего места.

Респондентами были отмечены различного рода непригодные для работы (или дефицитные) объекты, а также несоответствующие требованиям санитарно-гигиенические условия труда (табл. 6). Учитывая существующие пробелы в материально-техническом обеспечении вузов, следует отметить, что они будут закрыты не скоро, если не предпринять соответствующих мер. Несмотря на то, что в Долгосрочном прогнозе социально-экономического развития Свердловской области до 2030 г. [5] умеренно консервативный (наиболее реальный) сценарий характеризуется медленными темпами материально-технического обеспечения образовательных учреждений, в том числе и высших, меры по улучшению материальной базы всё же следует предпринять. Они позволят улучшить как условия труда педагогических и других работников вуза, так и качество высшего образования.

Табл. 6 показывает, что большая часть опрошенных преподавателей отмечает либо отсутствие компьютерной и организационной техники, либо наличие устаревшей. К объектам данной категории относятся: 3D принтер, персональный компьютер, документ-камера, ксерокс, веб-камера и др., а также вспомогательные материалы (бумага, заправка картриджей и т.д.).

6–28% опрошенных отмечают отсутствие, либо непригодность, исследовательского и лабораторного оборудования, к которому относится оборудование для почвенной лаборатории, измерительный комплекс Quantum Design PPMS DynaCool и др.

6–18% опрошенных отмечают недостатки, связанные с санитарными условиями, а именно: ненадлежащее состояние рабочего места (учебных аудиторий, лабораторий, кафедральных мест); отсутствие выделенного рабочего места для НПР; отсутствие сидячего места, выделяемого на отдельно взятого преподавателя; ненадлежащее состояние и/или отсутствие рабочих столов.

Для повышения производительности труда, качества образовательного процесса и качества высшего образования следует предпринять соответствующие меры по устранению недостатков в организации условий труда и меры по улучшению системы мотивации.

По мнению авторов, необходимо принять во внимание следующие возможные меры:

- со стороны руководства вуза: предоставление возможности планировать график работы; улучшение санитарно-гигиенических условий труда; предоставление отпусков для подготовки монографий, учебных пособий и т.д.; обеспечение медицинского сопровождения; ходатайство о выделении мест в ДОУ детям преподавателей высшей школы; материальное стимулирование научной и творческой активности; поддержка участия преподавателей в конференциях, подготовке научных статей, грантов и др.;
- со стороны НПР: увеличение ответственности за качество выполняемой работы; увеличение уровня результативности обучающихся; активное участие в программах стажировок; активное взаимодействие с целью обмена опытом, реализации совместных научных проектов и др.

При исследовании стремлений преподавателей высшей школы, выраженных мотивами личностного и профессионального роста, а также условиями труда, встала необходимость оценки удовлетворённости трудом преподавателей. Для оценки общей удовлетворённости трудом преподавателей высшей школы была использована методика Т.Л. Бадоева [6]. В качестве оцениваемых факторов рассматривались: оснащённость рабочего места, заработная плата и удовлетворённость профессией. Каждому фактору присваивался балл с соответствующим знаком в зависимости от удовлетворённости респондента: +1 (удовлетворён), –1 (не удовлетворён). Показателем общей удовлетворённости 50-ти респондентов каждого вуза является сумма накопившихся баллов с учётом знака: максимальное значение каждого фактора соответствует «+50», минимальное – «–50». Так, на основании полученных результатов опроса была составлена общая картина удовлетворённости трудом, представленная в табл. 7.

**Таблица 6**

Отмеченные респондентами недостатки рабочего места

| № п/п | Категория объекта | % респондентов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | УГЛТУ | УрГЭУ | РГППУ | УрГПУ | УрФУ |
| 1 | компьютерная и организационная техника | 24 | 20 | 18 | 26 | 32 |
| 2 | лабораторное, исследовательское и прочее специализированное оборудование | 12 | – | 6 | – | 28 |
| 3 | санитарные условия | 6 | 6 | 10 | 12 | 18 |
| 4 | свободный доступ к базам данных и интернету | 6 | 8 | 8 | 2 | 6 |
| 5 | специализированное программное обеспечение | 4 | 2 | 6 | 2 | 2 |

**Таблица 7**

Удовлетворённость трудом преподавателей высшей школы

| № п/п | Фактор | УГЛТУ | | УрГЭУ | | РГППУ | | УрГПУ | | УрФУ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | балл | итог | балл | итог | балл | итог | балл | итог | балл | итог |
| 1 | оснащённость рабочего места | +29 | +8 | +29 | +8 | +33 | +16 | +30 | +10 | +25 | 0 |
| | | –21 | | –21 | | –17 | | –20 | | –25 | |
| 2 | заработная плата | +22 | –6 | +16 | –18 | +16 | –18 | +21 | –8 | +17 | –16 |
| | | –28 | | –34 | | –34 | | –29 | | –33 | |
| 3 | удовлетворённость профессией | +27 | +4 | +20 | –10 | +22 | –6 | +26 | +2 | +30 | +10 |
| | | –23 | | –30 | | -28 | | -24 | | –20 | |
| общий итог: | | +6 | | –20 | | –8 | | +4 | | –6 | |

На основании результатов оценки удовлетворённости трудом преподавателей высшей школы можно сделать следующий вывод. Если взять во внимание, что максимально возможный балл по 3 факторам равен 150 со знаком плюс (очень позитивная картина удовлетворённости), а минимально возможный балл – 150 баллов со знаком минус (очень негативная), то представленные в табл. 7 итоговые результаты для каждого вуза отражают нейтральную (умеренную) картину удовлетворённости трудом, границами которой являются –50 (минимум) и +50 (максимум). Полученные результаты оценки удовлетворённости трудом подтверждают острую необходимость в проведении мероприятий по улучшению условий труда и необходимость улучшения системы мотивации в целом.

Обобщая всё вышеизложенное, следует отметить, что результатом проведённого социологического исследования стало выявление как положительных моментов, относящихся к стремлению преподавателей к саморазвитию, так и выявление негативных моментов, характеризующих обозначенные проблемы в организации условий труда и материального вознаграждения. Было выявлено, что удовлетворённость трудом преподавателей высшей школы оставляет желать лучшего. Поскольку административно-управленческий состав того или иного вуза заинтересован в повышении качества высшего образования, в повышении востребованности своих выпускников, то встаёт вопрос не только о необходимости повышения уровня профессионализма непосредственно НПР, совершенствования управленческих механизмов мотивации, но и вопрос острой необходимости улучшения условий труда.

### Список литературы

1. Бондарева Е.П., Сергеев С.А. Факторы профессиональной адаптации молодых преподавателей вуза // Знание. Понимание. Умение. – 2016. – № 2. – С. 258–266.

2. Красинская Л.Ф. Модернизация, оптимизация, бюрократизация... Что ожидает высшую школу завтра? // Высшее образование в России. – 2016. – № 3. – С. 73–82.

3. Чурсина В.Н., Минаева Л.А. Мотивация и качество работы преподавателя вуза как фактор повышения конкурентоспособности молодых специалистов на рынке труда // Содействие профессиональному становлению личности и трудоустройству молодых специалистов в современных условиях. – 2013. – С. 300–309.

4. Зимняя И.А. Общая культура и социально-профессиональная компетентность человека // Высшее образование сегодня. – 2005. – № 3. – С. 3–9.

5. Стратегия социально-экономического развития Свердловской области на период до 2020 года / Министерство экономики Свердловской области. [Электронный ресурс] // Проект. 2010. URL: http://economy.midural.ru (дата обращения: 03.07.2017).

6. Диагностика профессионального становления личности: учеб.-метод. пособие / сост. Я.С. Сунцова, О.В. Кожевникова. Часть 3. – Ижевск: Издательство «Удмуртский университет», 2012. – 144 с.